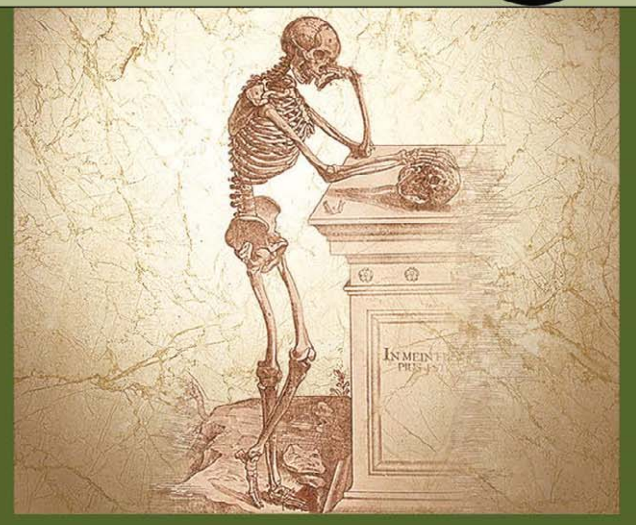


# 9

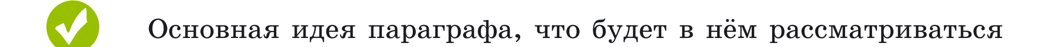




В. С. Рохлов
С. Б. Трофимов
А. В. Теремов


# БИОЛОГИЯ

# НАВИГАЦИОННЫЕ ЗНАЧКИ



Основная идея параграфа, что будет в нём рассматриваться

Вопросы для понимания учебного материала

Вопросы и задания для проработки параграфа

Термины и понятия для запоминания

Лабораторные и практические работы для приобретения практических умений и навыков

Выводы по главе, краткое повторение содержания параграфов

Темы докладов, рефератов, презентаций, проектов для внеурочной работы

Дополнительная информация для расширения кругозора

Сведения из истории научных открытий, с переднего края науки

Краткие сведения о профессиях, связанных с биологией

Межпредметные связи

В. С. Рохлов, С. Б. Трофимов,
А. В. Теремов

# БИОЛОГИЯ
## 9 класс

Учебник

Допущено
Министерством просвещения
Российской Федерации

*2-е издание, стереотипное*

Москва
«Просвещение»
2022

УДК 373.167.1:57+57(075.3)
ББК 28.0я72
Р79

*Учебник допущен к использованию при реализации имеющих государственную аккредитацию образовательных программ начального общего, основного общего, среднего общего образования организациями, осуществляющими образовательную деятельность, в соответствии с Приказом Министерства просвещения Российской Федерации № 766 от 23.12.2020.*
*Эксперты, осуществлявшие экспертизу учебника:*
*Фучеджи О. А., Макарова О. Б., Марчук Е. Г., Батенкова И. В.*

Издание выходит в pdf-формате.

**Рохлов, Валерьян Сергеевич.**
Р79 Биология. 9-й класс : учебник : издание в pdf-формате / В. С. Рохлов, С. Б. Трофимов, А. В. Теремов. — 2-е изд., стер. — Москва : Просвещение, 2022. — 304 с. : ил.

ISBN 978-5-09-101365-8 (электр. изд.). — Текст : электронный.
ISBN 978-5-09-091749-0 (печ. изд.).

Учебник предназначен для изучения курса биологии в 9 классе общеобразовательных организаций. Написан в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом основного общего образования. Посвящён изучению организма человека и включает главы: «Место человека в системе органического мира», «Общий план строения организма человека», «Нейрогуморальная регуляция», «Опора и движение», «Внутренняя среда организма», «Кровообращение», «Дыхание», «Питание и пищеварение», «Обмен веществ и превращение энергии», «Выделение», «Органы чувств и сенсорные системы», «Поведение и психика», «Размножение и развитие», «Человек и окружающая среда».

Входит в учебно-методический комплект наряду с авторской рабочей программой, электронной формой учебника, авторской мастерской на сайте издательства.

**УДК 373.167.1:57+57(075.3)**
**ББК 28.0я72**

---

*Учебное издание*

**Рохлов** Валерьян Сергеевич
**Трофимов** Сергей Борисович
**Теремов** Александр Валентинович

**БИОЛОГИЯ**

**9 класс**
**Учебник**

Центр развития углублённого и профильного образования, функциональной грамотности

Ответственный за выпуск *Л. Н. Коробкова*
Редактор *Л. Н. Коробкова.* Художественный редактор, художник *Э. В. Ленчевская*
Оформление *Н. А. Новак.* Технический редактор *Е. В. Денюкова*
Корректор *О. Ч. Кохановская.* Компьютерная вёрстка *С. А. Янковой, Е. А. Голубовой*

Подписано в печать 01.11.2021. Формат 70×100/16. Усл. печ. л. 24,7.
Тираж экз. Заказ

Акционерное общество «Издательство «Просвещение»
Российская Федерация, 127473, г. Москва, ул. Краснопролетарская, д. 16, стр. 3, этаж 4, помещение I.

Адрес электронной почты «Горячей линии» — **vopros@prosv.ru**.

---

**ISBN 978-5-09-101365-8 (электр. изд.)**
**ISBN 978-5-09-091749-0 (печ. изд.)**

# О КНИГЕ

*Дорогие девятиклассники!*

Настоящая книга посвящена изучению организма человека. Это одна из увлекательных областей биологии, которая находится на стыке не только естественных, но и гуманитарных наук. Вы узнаете не только научные сведения, но и, как уберечься от болезней, быть здоровым и сильным.

Издание состоит из введения и 14 глав, включающих параграфы. Для облегчения усвоения содержания термины выделены курсивом, а параграфы проиллюстрированы. В конце каждого параграфа обязательно содержится рубрика «Вопросы и задания», в которой представлены задания для выполнения дома или на уроке устно и письменно.

В главы может быть включена рубрика «Знаете ли вы, что...», в которой собраны сведения о человеческом организме и его возможностях. Данная информация не для запоминания, а служит источником дополнительных сведений. Рубрика «От учёных» рассказывает об актуальных научных проблемах и перспективах их решения.

Рубрика «Из истории науки» знакомит с краткой историей изучения организма человека, а также с учёными, внёсшими значительный вклад в его познание. В течение всего учебного года каждому из вас необходимо подготовить письменное сообщение, реферат или доклад и выступить с ним на уроке, конференции, тематическом вечере в школе. В этом вам помогут материалы рубрики «Темы докладов, рефератов, презентаций, проектов».

Каждый из вас наверняка задумывается о том, чем будет заниматься, когда станет взрослым. В рубрике «Выбираем профессию» вы познакомитесь с некоторыми специальностями, изучающими строение и жизнедеятельность организма человека.

Также вы будете проводить практические и лабораторные работы, выполнять задания по поиску ответов на проблемные и практические вопросы, которые даются в каждой главе в рубрике «Думаем, исследуем, решаем».

Желаем успехов в учёбе!

*Авторы*

# ВВЕДЕНИЕ

У древнегреческого философа Платона есть рассказ о том, как в Дельфах у храма Аполлона собрались семь мудрецов, чтобы решить, в чём состоит основной вопрос наук. После продолжительной дискуссии они высекли на камне нетленную фразу: «Познай самого себя». Эти слова великого гражданина Греции, произнесённые за пять веков до нашей эры, не только не потеряли своей значимости, а, наоборот, приобрели ещё бóльшую актуальность.

Поразительной чертой современной жизни является то, что мы живём в мире, в котором люди гораздо больше знают о конструкции автомобиля или о работе компьютера, чем о том, как устроено их тело или какие надо соблюдать меры, чтобы сохранить и укрепить здоровье.

Другой древнегреческий философ, Сократ, сказал, что «здоровье — не всё, но всё без здоровья — ничто». Состояние здоровья определяет наши успехи в учёбе, профессиональной деятельности и личной жизни. В конечном счёте радость от самой жизни напрямую зависит от того, как мы себя чувствуем.

В течение учебного года объектом нашего внимания будет организм человека — предмет изучения анатомии, физиологии, психологии, гигиены.

## Что и какими методами изучает анатомия?

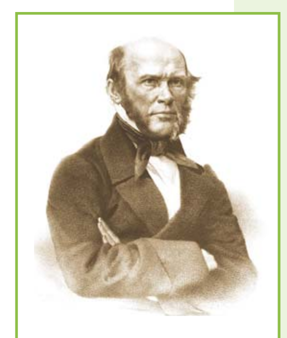
*Анатóмия* (от греч. *анатоме* — рассечение) — наука, изучающая происхождение, развитие, строение и форму организма. Это одна из самых древних наук о человеке. Наскальные рисунки каменного века свидетельствуют, что первобытные охотники знали о расположении жизненно важных органов — сердца, печени и др.


А. Везалий

Систематическое накопление знаний о строении человеческого тела стало возможным благодаря деятельности поколений учёных и врачей прошлого. В плеяду великих анатомов входят Гиппократ, Аристотель, К. Гален, А. Везалий, У. Гарвей, Н. И. Пирогов и др.

В настоящее время при исследовании анатомии человека наряду с традиционными методами активно применяют современные научные достиже-

ния. Способом компьютерной томографии удаётся изучить органы в рентгеновских лучах или при помощи ультразвука. Анатомия и томография — однокоренные термины, происходящие от греческого слова *«томос»* — ломоть, слой. Томография, дословно «послойное описание», — метод неразрушающего послойного исследования внутренней структуры объекта посредством многократного его просвечивания в различных пересекающихся направлениях.


**Н. И. Пирогов**

По виду просвечивающего излучения различают электромагнитную томографию, рентгеновскую, гамма-томографию, магнитную, или ядерно-магнитно-резонансную (ЯМР), пучковую, протонную, ультразвуковую и т. д. Такие исследования дают возможность не только описать детали строения органов, но и обнаружить нарушения в их работе.

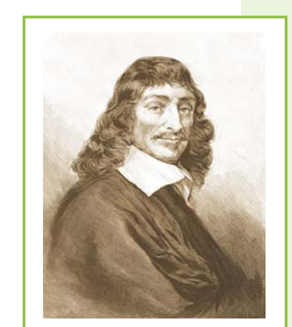
## Что изучает физиология?

В науке существует мнение о неразрывной связи между строением органа и его функцией, работой.

*Физиоло́гия* (от греч. *физис* — природа) — наука, исследующая жизненные функции организма, отдельных органов и систем. Основные её методы — наблюдение и эксперимент.

В развитие физиологии внесли огромный вклад такие учёные и мыслители, как У. Гарвей, Р. Декарт, И. М. Сеченов, И. П. Павлов, К. Бернар, А. А. Ухтомский, П. К. Анохин и др.

Открытия в области современной физики и биохимии совершенствуют физиологические исследования и обогащают физиологию новыми данными. Важная роль принадлежит электронике, дающей возможность с большой точностью регистрировать различные явления в организме. Так, регистрируются электрические процессы в сердце, мозге, мышцах и других органах.


**Р. Декарт**

*Телеметри́ческие* (от греч. *теле* — далеко) методы позволяют изучать функции организма на расстоянии в процессе активной деятельности.

В современной физиологии используют метод моделирования — искусственного воспроизведения процессов техническими конструкциями с целью изучения физиологических закономерностей.

Таким образом, создаются модели работы отдельных органов и целых систем организма человека.

## Что изучает психология?

Деятельность некоторых органов, например головного мозга, нельзя объяснить и понять, используя данные лишь анатомии и физиологии, так как его работа зависит не только от биологических, но и от социальных условий.

Каждый человек отражает явления внешнего мира по-своему, исходя из своих индивидуальных потребностей. В результате у каждого складывается свой внутренний мир. Любой из нас строит взаимоотношения с другими людьми согласно своим убеждениям, самостоятельно определяет поступки и оценивает их. Вся эта сложная работа составляет душевную деятельность человека — *пси́хику*. Она находится под пристальным вниманием психологов.

*Психоло́гия* (от греч. *психе* — душа) — наука, изучающая факты, закономерности и механизмы психики.

## Что изучает гигиена и санитария?

Анатомия, физиология, психология вместе с другими науками служат основой профилактической медицины — гигиены. Тема гигиены стала чуть ли не главной на телеканалах. Какие задачи решает эта наука?

*Гигие́на* (от греч. *гигиенос* — здоровый) — это наука о создании условий, благоприятных для сохранения здоровья человека, о правильной организации его труда и отдыха.

Различают школьную, производственную гигиену, гигиену спорта и т. д. Применение гигиенических знаний на практике для предупреждения заболеваний и укрепления здоровья называют *санитари́ей*.



Анатомия. Физиология. Психология. Гигиена. Санитария.



## Вопросы и задания

**1.** Почему важно знать строение и функции своего организма? **2.** С какой целью художники тщательно изучают анатомию? **3.** Назовите научные методы, которые применяют в физиологии. **4.** Можно ли душевную деятельность человека объяснить лишь биологическими законами? Аргументируйте свой ответ. **5.** Чем занимается гигиена?

# Глава 1
# МЕСТО ЧЕЛОВЕКА В СИСТЕМЕ ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА

## § 1. Человек как представитель животного царства

Учёных, философов, художников, писателей всегда интересовал вопрос о сущности человека. Тысячи лет выдающиеся умы стремились проникнуть в тайну одного из величайших чудес природы. Ученики древнегреческого философа Платона однажды попросили дать определение человека, на что тот ответил: «Человек есть животное на двух ногах, лишённое перьев». Однако после того, как философ Диоген принёс в Академию ощипанного петуха и предъявил его в качестве «человека», Платону пришлось добавить к своему определению: «...и с плоскими ногтями». Дополнение не помогло раскрыть сущность человека. И по сей день он остаётся одной из самых больших загадок.

### В чём сходство человека и животных?

Тип строения тела и характер физиологических функций организма человека, сформировавшиеся в процессе длительной эволюции, передаются по наследству. По своей телесной организации человека относят к млекопитающим, и генетически он связан со всеми другими животными (рис. 1.1). Уже по облику легко заметить сходство человека с наземными позвоночными:



**Рис. 1.1.** Различие и сходство человека с наземными позвоночными

у тех и других тело состоит из головы, туловища и двух пар конечностей.

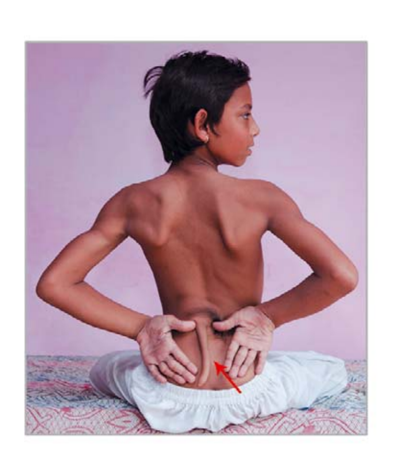
Как биологический вид человек имеет множество общих признаков с млекопитающими, прежде всего приматами: развивающийся зародыш вынашивается внутри тела матери, а младенца мать вскармливает грудным молоком. На коже человека заметны короткие редкие волосы, имеются ушные раковины, ногти, различные по форме и функциям зубы, свидетельствующие о принадлежности человека к млекопитающим.

Не меньшее сходство наблюдается при сравнении строения и функций других органов и систем человека и млекопитающих.

## Что такое рудименты и атавизмы и как доказывают животное происхождение человека?

Доказательством происхождения человека от животных является наличие у него *руди́ментов* (от лат. *рудиментум* — зачаток, первооснова) — особых органов, которые функционировали когда-то у далёких предков (рис. 1.2). Впоследствии эти органы утратили своё первоначальное значение. К рудиментарным органам относят: отросток слепой кишки — аппендикс, копчиковые позвонки (остатки скелета хвоста), ушные мышцы, позволяющие некоторым людям двигать ушными раковинами, остатки волосяного покрова по всему телу, третье веко и др.

Другим доказательством являются *атави́змы* (от лат. *атавус* — отдалённый предок) — появление у отдельных людей признаков,



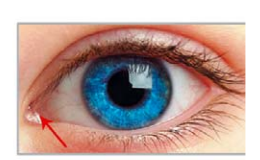
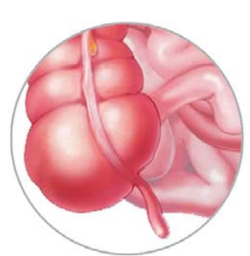




**Рис. 1.2.** Рудименты и атавизмы у человека

которые были характерны для далёких предков современного человека, но утратились в ходе его эволюции. К атавизмам (см. рис. 1.2) относят сильное оволосение всего тела, многососковость и наличие хвоста.

Сходство также наблюдается в одинаковых проявлениях множества болезней и инфекционных заболеваний.

## Каково систематическое положение современного человека?

Все современные люди принадлежат к одному виду *Челове́к разу́мный* (*Homo sapiens*), в пределах которого выделяют несколько больших рас.

**Место человека в системе органического мира**

Царство Животные
Тип Хордовые
Класс Млекопитающие
Отряд Приматы
Семейство Гоминиды (человекообразные)
Род Люди
Вид Человек разумный

Специфические особенности человека, резко выделяющие его из мира животных: прямохождение, подвижные руки, способные активно манипулировать предметами, большой и уникальный по своей сложности мозг, тесно связанный со стереоскопическим цветовым зрением, мышлением и членораздельной речью.

Человек передвигается на двух ногах, постоянно перенося свой вес с пятки на пальцы ног, в результате мышцы нижних конечностей стали мощнее, а кости таза и ног — массивнее, чем у четвероногих млекопитающих. Сложные движения потребовали скоординированной работы мышц спины и нижних конечностей, изменений строения всего скелета.

Позвоночник приобрёл четыре характерных изгиба, которые позволяют сохранять равновесие и смягчают сотрясения




Адам и Ева. *А. Дюрер*

тела при ходьбе, беге и прыжках. Череп переместился на одну с позвоночником вертикальную ось.

Не испытывая необходимости опираться на передние конечности, человек научился пользоваться своими чуткими и очень гибкими пальцами рук, которые позволяют быстро ощупывать предметы и манипулировать ими с необходимой силой и точностью. В результате пальцы приобрели бо́льшую самостоятельность и свободу движений, чем у обезьян.

Главная особенность современного человека — крупный высокоразвитый головной мозг. Благодаря этому человек обладает уникальными способностями к обучению, мышлению, членораздельной речи, точной координации зрения и движений рук.

Глаза человека позволяют отчётливо фокусировать изображение, точно определять расстояние до предметов, различать форму, яркость и цвет. Человек отслеживает движения объектов окружающего мира не поворачивая головы — лишь одними движениями глаз, что позволило ему свободно ориентироваться во внешней среде.

Основное же отличие человека от животных состоит не столько в особенностях строения тела, сколько в социальном, общественном характере жизни, труде и речи.

В ходе истории орудия постепенно совершенствовались, и это изменило характер взаимоотношений человека с природой. Используя те или иные орудия труда, он значительно эффективнее стал воздействовать на окружающую среду, чем любые другие млекопитающие, стал её преобразовывать для своих нужд.

Человек — общественное существо, отличительными чертами которого являются логическое мышление и речь.

Человек познаёт и изменяет окружающий мир и самого себя, творит культуру и собственную историю. Сущность человека, его происхождение и назначение, место в мире были и остаются центральными проблемами философии, религии, науки и искусства.



Рудимент. Атавизм. Человек разумный.



## Вопросы и задания

**1.** В чём сходство млекопитающих животных и человека? **2.** Являются ли дополнительными аргументами в пользу животного происхождения человека рудименты и атавизмы? **3.** Назовите особенности строения человека по сравнению с другими млекопитающими. **4.** Каковы особенности человека как социального существа?

# § 2. Эволюция человека. Расы

Современная биология рассматривает происхождение человека как эволюционный процесс. Такая точка зрения возникла ещё в античные времена в трудах древнегреческих натуралистов. Само же понятие *эволю́ция* (от лат. *эволюцио* — развёртывание) впервые было предложено швейцарским естествоиспытателем Ш. Бонне в 1762 г.

## Кто является предком современного человека?

Процесс формирования анатомического типа человека, развития его трудовой деятельности, речи, общественных отношений называют *антропогене́зом* (от греч. *антропос* — человек, *генезис* — происхождение). По поводу времени, места возникновения и непосредственных предков человека современного вида — человека разумного — в науке нет единого мнения. Согласно одной гипотезе, он возник в Африке около 200 тыс. лет назад и затем повсюду вытеснил более древних людей; согласно другой — формирование вида происходило постепенно в разных частях планеты. Около 40 тыс. лет назад человек разумный становится единственным представителем семейства *Гоми́ниды* (от лат. *хомо* — человек) и заселяет практически всю Землю.

## Как начиналась эволюция человека?

Эволюция приматов началась около 60 млн лет назад. Примерно 12–9 млн лет назад группа высших древесных обезьян Африки — *дриопите́ков* (от греч. *дриос* — дерево, *питекос* — обезьяна) разделилась на две ветви: одна привела к человекообразным обезьянам (шимпанзе и др.), другая — к первым гоминидам — *австралопите́кам* (от лат. *австралис* — южная), ходившим на ногах.

Австралопитеки — невысокие существа, ростом чуть более 1 м и массой до 50 кг, однако найдены скелеты и более крупных особей (рис. 2.1). Объём мозга австралопитеков составлял в среднем 530 см$^3$, что больше мозга крупных обезьян, но в три раза меньше человеческого. Австралопитеки питались растительной пищей и иногда мясной, в какой-то мере осваивая охоту. Добывание пищи требовало развития орудий охоты. Коллективная охота на животных потребовала общественной организации и способов общения.

## Когда появились первые люди?

От какой-то из первобытных форм произошёл *челове́к уме́лый*, обитавший от 2,5 млн до 1,5 млн лет назад на территории современных Танзании и Кении. К роду Люди его относят по

признакам двуногости, строению кисти, мозга, объём которого превышал 700 см$^3$, способности изготавливать, использовать и сохранять орудия труда.

## Как в дальнейшем происходил антропогенез?

В эволюции человека выделяют три стадии: древнейшие люди (архантропы), древние люди (палеоантропы) и люди современного типа (неоантропы).

*Арха́нтроп* — человек прямоходящий, ростом до 180 см и объёмом мозга около 1000 см$^3$. Этот гоминид жил 1,9 млн — 100 тыс. лет назад и широко расселился по Старому Свету. Архантропы имели длинный череп с низким покатым лбом, мощные надбровные валики, выдающиеся челюсти, крупные зубы с выделяющимися клыками (см. рис. 2.1). Человек прямоходящий обладал речью, абстрактным мышлением, изготавливал каменные орудия. Например, за час он мог срубить небольшое дерево и изготовить из него рогатину.

Архантропы жили в пещерах и в построенных ими шалашах. На местах стоянок они использовали огонь, что позволило им пережить три эпохи оледенения.

## Какими были палеоантропы?

*Палеоа́нтроп* — человек разумный неандертальский (см. рис. 2.1). Его представители жили ещё 35 тыс. лет назад. Внешне напоминал современного человека ростом 160 см с такой же походкой. Он имел мозг объёмом 1600 см$^3$, крупные и сильные кисти, массивный скелет, короткие конечности, коренастое телосложение.

Палеоантропы использовали ловчие ямы и применяли каменные остроконечники для охоты на крупных зверей, изготавливали меховую и кожаную одежду, хоронили умерших, соблюдали ритуалы. Неандертальцы использовали свыше 60 типов орудий.

## Как появился человек современного типа?

*Неоа́нтроп* — кроманьонец — человек разумный современного типа (см. рис. 2.1). Появился около 40 тыс. лет назад, вероятно, в Северном и Восточном Средиземноморье и Передней Азии и с того времени в биологическом отношении изменился мало.

Появление человека современного типа, культуры каменного века и родового общества — явления параллельные и причинно связанные. Об этом свидетельствуют орудия из кости и для обработки кости, живопись, графика.

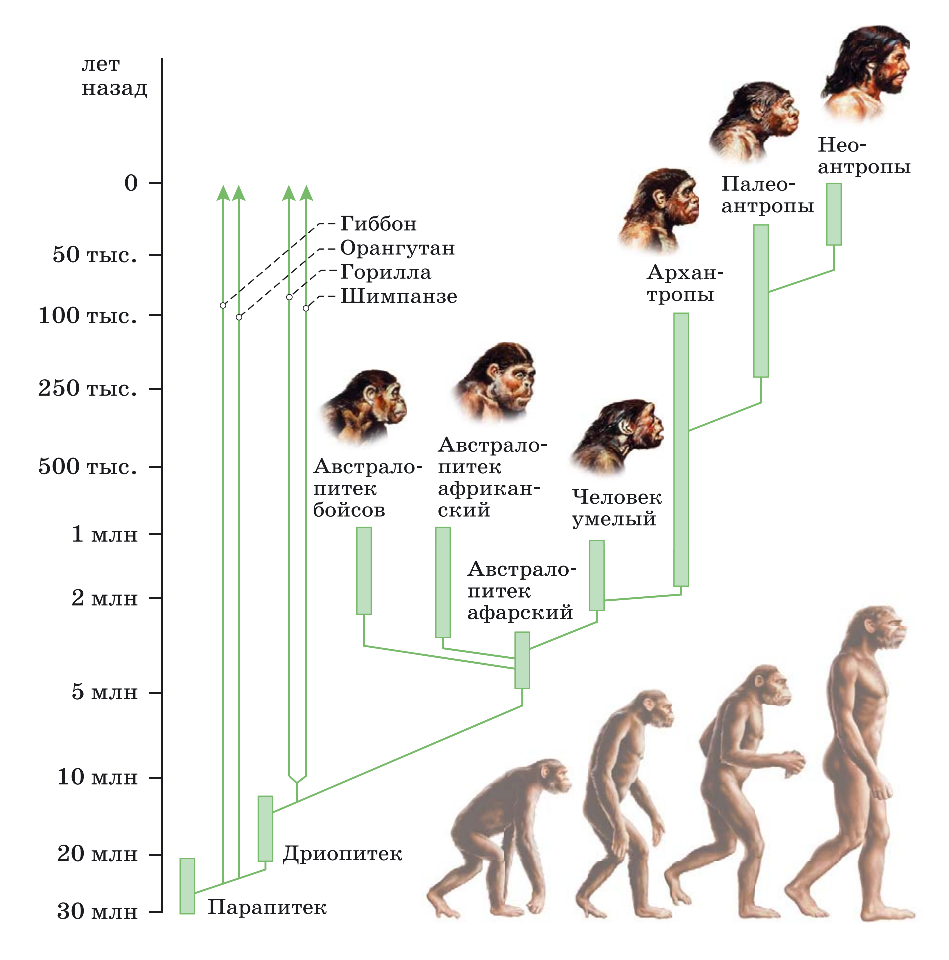



**Рис. 2.1.** Эволюция человека

Эволюция человека имела неравномерный характер. Основными её направлениями были прямохождение, увеличение объёма мозга, развитие руки как органа труда, членораздельная речь и освоение нового способа поведения — трудовой деятельности, связанной с изготовлением и использованием различных орудий.

## Люди современного типа могут сильно различаться. Почему?

Исторически сложившиеся группы людей, различающиеся по внешним признакам строения тела, цвета кожи, глаз и волос, очертаниям головы, представляют собой *ра́сы* (от франц. *рес* — род,

порода). Человеческие расы — это исторически сложившиеся внутривидовые группы людей, различия между которыми несущественны, а все современные люди — представители одного биологического вида Человек разумный.

Расу не следует путать с понятиями «нация» и «народ», объединяющими людей на основе единства языка, территории проживания, культуры. Разные расы могут входить в состав одной нации и одного народа, и наоборот: различные народы и нации могут принадлежать к одной расе.

Человечество подразделяют на три большие расы и каждую на множество малых. Всего насчитывают более 30 больших и малых рас. Большие расы — *европеóидная*, *монголóидная* и *австрáло-негрóидная* (рис. 2.2). Формирование рас, начавшееся около 80 тыс. лет назад, связано с миграцией населения в разные географические области Земли. Представители больших рас имеют характерные признаки, которые появились в результате приспособления людей к определённым условиям среды. Цвет кожи негроидов с большим количеством пигмента защищает от ультрафиолетовых лучей в условиях интенсивного солнечного излучения. Светлая окраска кожи европеоидов обусловлена влиянием северного климата. Узкая глазная щель и складка на веках у монголоидов защищают глаза от ветра, пыли или снега в условиях открытых пространств.

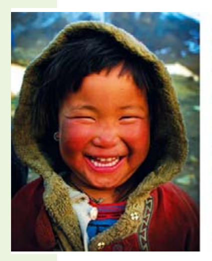




**Рис. 2.2.** Дети разных рас



Антропогенез. Гоминиды. Дриопитек. Австралопитек. Человек умелый. Архантроп (человек прямоходящий). Палеоантроп (человек разумный неандертальский). Неоантроп (кроманьонец). Расы. Европеоид. Монголоид. Австрало-негроид.

## Вопросы и задания

**1.** Можно ли считать современных человекообразных обезьян предками человека? **2.** На основании каких признаков различают архантропов, палеоантропов и неоантропов? **3.** Опишите австралопитеков и человека умелого. В чём их главное различие? **4.** Какие факторы способствовали формированию человека? **5.** Что такое человеческие расы?

# §3. Тело человека и методы его исследования



Современные учёные, помимо наблюдения, описания, измерения, эксперимента, разработали и широко пользуются разнообразными научными методами. Они позволяют познать саму сущность человека, его основу. Недаром кинорежиссёр Ф. Феллини писал: «Из всех приключений, уготованных нам жизнью, самое важное и интересное — отправиться внутрь самого себя, исследовать неведомую часть себя самого».

## Какие научные методы используются при изучении биологии человека?

Далеко не все научные методы могут быть использованы при изучении организма человека ввиду не только их сложности, но также морали и этики. Например, к ним относят методы, где обязательным является вскрытие организма. Однако с некоторыми из них мы познакомимся в процессе изучения.

Анатомы и врачи давно используют так называемые беспрепаровочные методы соматоскопии, соматометрии, физиометрии, метод проекции и др.

Метод *соматоскопии* позволяет осуществить визуальный осмотр тела и его частей (рис. 3.1) — головы, туловища, конечностей, кожных покровов, выявить различные нарушения осанки, плоскостопие, определить развитие мускулатуры по рельефу.

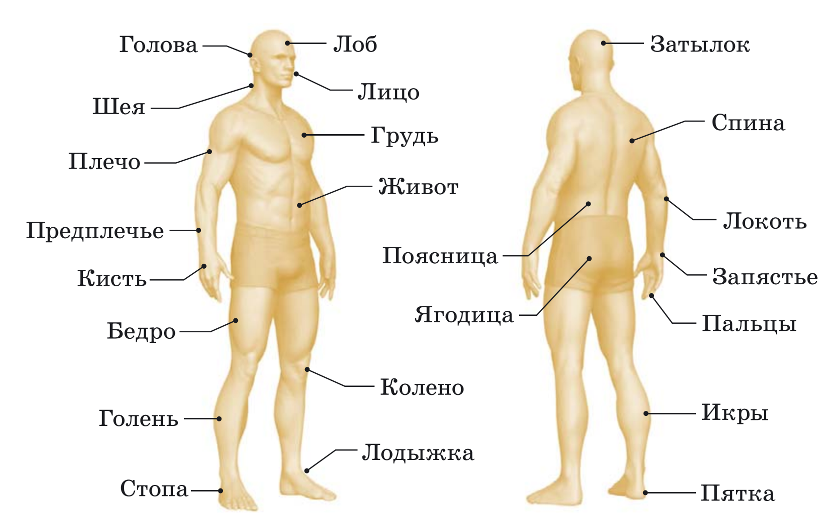



**Рис. 3.1.** Наружные образования человеческого тела

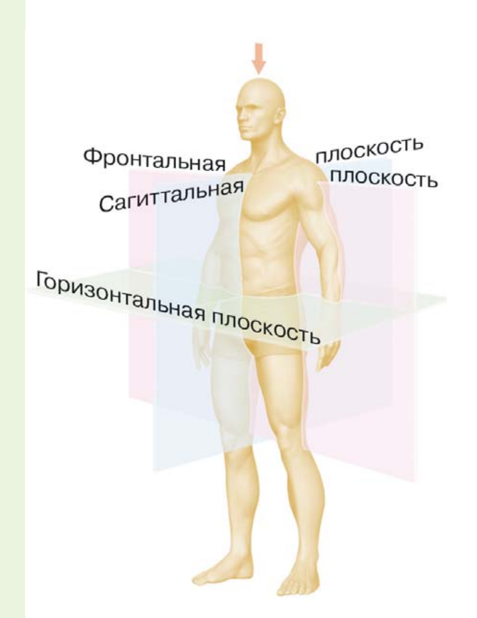



**Рис. 3.2.** Плоскости и оси

С помощью *сомато́метрии* можно измерить части тела, найти числовые закономерности между ними, изучить пропорции, а методом *физио́метрии* — оценить функции систем организма человека.

Из собственного опыта вы знаете, что одним из признаков нарушения в работе того или иного органа является боль. Иногда пациент на приёме у врача демонстрирует участок, где у него возникли проблемы, чаще называет орган, который стал причиной нездоровья. Данное умение у человека сформировалось благодаря владению *ме́тодом прое́кции*.

В области физиологии, например спортивными врачами, широко используется *ме́тод функциона́льной про́бы*. Функциональная проба — дозированное воздействие на организм в стандартных условиях с целью выявления его компенсаторных реакций, границ саморегуляции.

*Челове́ческое те́ло* — физическая структура, организм. Тело человека включает голову, шею, туловище и конечности.

В свою очередь, каждая часть представлена отдельными внешними частями, например голова — затылком, макушкой, лицом и т. д.



Исследуйте строение нижней конечности самостоятельно, определите на поверхности правой или левой ноги её следующие части: бедро, лодыжку, подколенную ямку, икры, голень, стопу.

Тело человека, как и всех позвоночных, обладает двусторонней, или зеркальной, симметрией. При этом через тело можно провести несколько осей и плоскостей (рис. 3.2).

Такие оси и плоскости позволяют делать научное описание внешних частей и внутренних органов.

Пропорции тела человека зависят от возраста (рис. 3.3) и пола.

У новорождённых голова округлая, большая (1/4 всей длины тела, у взрослого 1/8), шея и грудь короткие, живот длинный, ноги и руки короткие.

В течение первых лет жизни и в возрасте 12–16 лет, когда происходит половое созревание, быстро растут и развиваются скелет, мышцы, дыхательная, сердечно-сосудистая и другие системы организма.

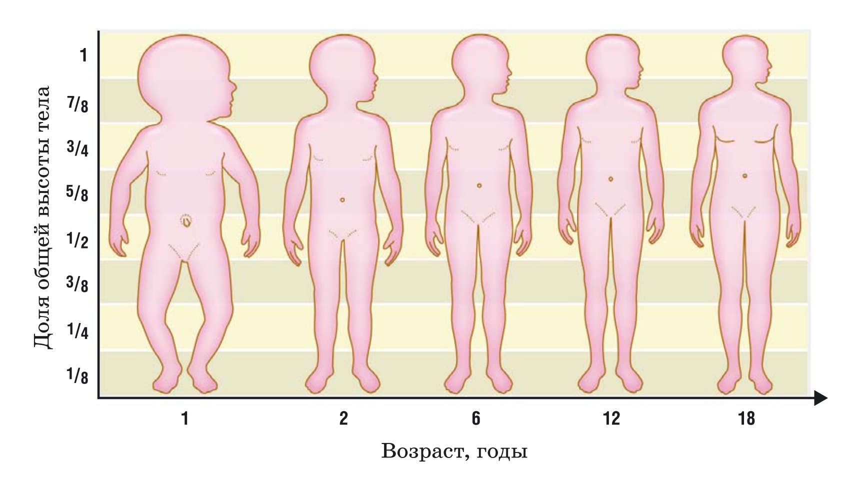



**Рис. 3.3.** Изменение пропорций человеческого тела с возрастом

Используя рисунок 3.3 и зная свой рост, определите отношение высоты головы (от макушки до подбородка) к собственному росту. Как это соотношение менялось в течение вашей жизни?

## Какие различают типы телосложения?

Каждый человек задумывался о своих внешних данных и хотел бы что-то изменить. Один мечтает сбросить лишний вес, другой стремится поправиться, а третьего не устраивает рост. Отсюда вытекает, что у каждого человека имеются свои очертания тела, размеры его частей, внешний облик.

*Телосложéние человéка* — пропорции и особенности частей тела, а также особенности развития костной, жировой и мышечной тканей. Телосложение определяется наследственными факторами, влиянием внешней среды и условиями жизни человека.

Попытка классифицировать человечество по строению тела восходит к глубокой древности, к Гиппократу. Он впервые попытался связать особенности телосложения людей с их предрасположенностью к определённым заболеваниям.

На основе наблюдений и сопоставлений врач показал, что люди невысокого роста, плотные склонны к апоплексическому удару (инсульту), люди же высокие и худые — к туберкулёзу. Эти два типа строения тела являются, конечно, самыми общими, но они упоминаются в медицинской литературе и в настоящее время.

В антропологии предлагается несколько классификаций телосложения. В одной из них различают астенический, атлетический



**Рис. 3.4.** Типы телосложения

и пикнический типы телосложения (рис. 3.4).

*Астени́ческий* (от греч. *астенес* — слабый) тип телосложения характеризуется прежде всего сочетанием среднего роста по высоте и малого роста по ширине, отчего люди этого типа кажутся выше, чем на самом деле.

Внешне это худой человек с узкими плечами, тонкими руками и кистями, длинной и узкой грудной клеткой, лишённый жира на животе. Лицо астеника обычно длинное, узкое и бледное, в профиле резко выступает несоответствие между удлинённым носом и небольшой нижней челюстью, и поэтому по форме его называют угловым.

*Атлети́ческий* (от греч. *атлетес* — борец) тип отличает сильное развитие скелета и мускулатуры, туловище по ширине значительно уменьшается книзу. Люди этого типа обладают средним или высоким ростом, широкими плечами. Голова у атлетиков держится прямо на сильной свободной шее, а лицо имеет обычно вытянутую яйцевидную форму.

*Пикни́ческий* (от греч. *пикнос* — плотный) тип выделяется сильным развитием внутренних полостей тела (головы, груди, живота) при слабом развитии скелета и мышц плечевого пояса и конечностей. Пикники — люди среднего роста с плотной фигурой, их створчатая грудная клетка переходит в массивный, склонный к ожирению живот. Очертание лица за счёт жировых отложений на боковых поверхностях челюстей напоминает пятиугольник, само же лицо — широкое, мягкое, закруглённое.

## Какие адаптивные типы человека сформировались у человека разумного в процессе его расселения по поверхности Земли?

История распространения человечества по планете Земля убеждает в том, что люди достаточно легко адаптировались к новым условиям среды. Это способствовало формированию *адапти́вных ти́пов* современного человека.

Так, в арктической природной зоне и зоне тундры сформировался *аркти́ческий* адаптивный тип, в зонах лесов и степей — *континента́льный* адаптивный тип, в зоне пустынь — *ари́дный*,

в зоне тропических лесов — *тропи́ческий*. Для жителей гор характерен *высокого́рный* адаптивный тип.

Люди, принадлежащие к разным адаптивным типам, различаются формой тела и размерами его частей, темпом созревания и развития организма, уровнем обмена веществ, а также некоторыми особенностями функционирования дыхательной, кровеносной систем и системы опоры и движения.



Соматоскопия. Соматометрия. Физиометрия. Метод проекции. Метод функциональной пробы. Телосложение. Адаптивные типы: арктический, континентальный, аридный, тропический, высокогорный.



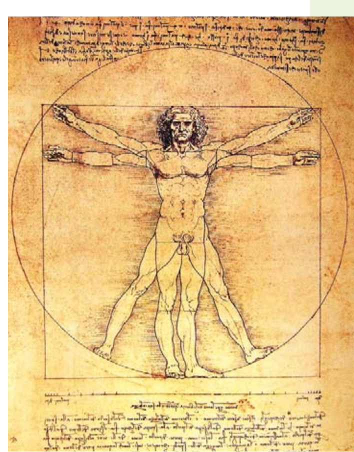
## Вопросы и задания

**1.** В чём различие между такими методами, как соматоскопия и соматометрия? **2.** Каким методом вы воспользуетесь для определения оздоравливающего значения утренней зарядки для организма? **3.** О каких типах телосложения идёт речь в параграфе? **4.** Какой тип телосложения наиболее оптимален для занятий силовыми видами спорта? **5.** Докажите на примерах, что человек обладает широкими возможностями к адаптации.

## Знаете ли вы, что...

В 1856 г. во Франции учёный Лартэ впервые нашёл нижнюю челюсть с зубами и плечевую кость дриопитека. Позднее останки дриопитеков были найдены в Венгрии (рудапитек), Испании (испанопитек) и Китае.

Примерно в 1490–1492 гг. Леонардо да Винчи сделал иллюстрацию к книге, посвящённой трудам античного римского архитектора Витрувия, получившую название «Витрувианский человек». На рисунке изображена фигура обнажённого мужчины в двух наложенных одна на другую позициях: с разведёнными в стороны руками и ногами, вписанная в окружность; с разведёнными руками и сведёнными вместе ногами, вписанная в квадрат. Рисунок был создан для определения пропорций человеческого (мужского) тела, как это описано в трактате античного архитектора Витрувия «Об архитектуре» (книга III, гл. I).



Витрувианский человек. *Леонардо да Винчи*



## Из истории науки

В 1776 г. немецкий врач, анатом, антрополог И. Блюменбах в работе «О природных разновидностях человеческого рода» описал пять видов современных рас человека и высказал мысль об их едином происхождении.

В 1871 г. Ч. Дарвин в книге «Происхождение человека и половой отбор» доказал, что человек появился в результате развития живой природы и история его становления определялась законами, общими для всех организмов, населяющих Землю.

В 1874 г. Ф. Энгельс в статье «Роль труда в процессе превращения обезьяны в человека» впервые отметил определяющую роль труда как первого и основного условия превращения древних человекообразных обезьян в человека.



## Выбираем профессию

*Антропóлог* — учёный, специализирующийся на исследовании человека как биологического вида. Он изучает происхождение человеческого вида, развитие, разнообразие, биологическое своеобразие в зависимости от возраста, пола, национальности, расы. Антропологов интересует человек не только в его единстве с природой, но и в культурной среде. Они работают в научно-исследовательских институтах и центрах, преподают в профессиональных учебных заведениях. Специалисты по физической антропологии трудятся в учреждениях антропологического и археологического профиля, в области судебной медицины, генетики человека.



## От учёных

Анализ нуклеотидной последовательности ДНК митохондрий нескольких сотен представителей главных рас показал, что все современные люди являются потомками одной женщины, названной «митохондриальной Евой», жившей в Африке в период около 280–140 тыс. лет назад. От неё появились первые формы человека разумного и произошла их миграция по территории Земли в период между 150–100 тыс. лет назад.

Одна из стоянок неоантропа найдена и в России, на ручье Сунгирь, на левом берегу Клязьмы близ г. Владимира. Были обнаружены остатки кострищ и очагов, разрушенные жилища, кости мамонтов, северных оленей, других диких животных, каменные и костяные орудия, украшения, богатые погребения. Сунгирцы были высокорослы (около 178 см). По данным исследований, погребение произведено 29 900–28 700 лет назад.

### Думаем, исследуем, решаем



1. Определите длину вашего шага, если он равен четырём ладоням.
2. Определите ваш рост, если он составляет четыре локтя от кончиков пальцев.
3. Длина предплечья равна длине стопы, а длина стопы равна длине окружности кулака. Как узнать, не надевая носка, подходит он вам или нет?

## Выводы по главе «Место человека в системе органического мира»



Человек разумный — представитель царства Животные. На родство указывает атомическое и физиологическое сходство.

Отличительными особенностями человека являются: уникальный по сложности головной мозг, прямохождение, подвижные руки. Человек — социальное существо, отличающееся логическим мышлением и речью, способностью к труду.

В процессе становления человеческого общества и человека различают три стадии: древнейшие люди, древние люди и люди современного типа. Современные люди представлены тремя большими расами и множеством малых.

В изучении человека применяют методы соматоскопии, соматометрии, физиометрии, проекций и функциональных проб.

Внешне люди очень разнообразны. Различают следующие типы телосложения: астенический, атлетический, пикнический. Разнообразие определялось условиями, в которых человек жил и заселял поверхность Земли. В этой связи выделяют адаптивные типы людей: арктический, континентальный, аридный, тропический, высокогорный.

### Темы докладов, рефератов, презентаций, проектов



1. Профессия археолог — это многогранная и интересная работа.
2. Отражение проблемы происхождения человека в искусстве и религии.
3. Основные стадии антропогенеза.
4. Новые открытия в антропологии.
5. Что такое расизм и в чём его опасность?
6. Экологические адаптации современного человека.

# Глава 2
# ОБЩИЙ ПЛАН СТРОЕНИЯ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

## § 4. Клетка — структурная единица организма

Организм человека, как и всех живых существ, состоит из клеток. До середины XX столетия клетку изучали с помощью светового микроскопа, дающего увеличение до 2 тыс. раз. С помощью электронного микроскопа удалось достигнуть увеличения в 1 млн раз, и учёные смогли исследовать тончайшие детали сложнейшей клеточной организации.

### Какие химические молекулы можно найти в клетках?

В клетке можно обнаружить около 80 химических элементов. В наибольшем количестве в ней представлены кислород, углерод, водород, азот, кальций, фосфор, калий, железо.

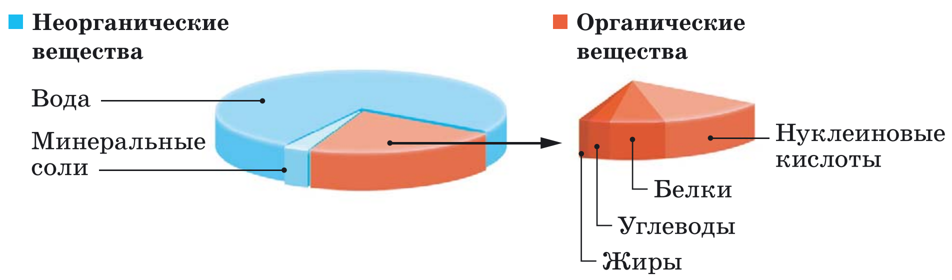



**Рис. 4.1.** Химический состав клетки

Химические элементы образуют относительно простые неорганические соединения — воду и минеральные соли, а также молекулы органических веществ — аминокислот, углеводов, жиров и др. Из них строятся более сложные соединения — белки, нуклеиновые кислоты, АТФ и др. (рис. 4.1).

### Какое значение в жизни клетки имеют неорганические вещества?

Вода составляет основу среды клетки. Вода — растворитель многих веществ, в ней протекают процессы жизнедеятельности.

Содержание воды зависит от активности клеток: в клетках мозга её 80%, а в костной ткани — не более 50%. Вода обеспечивает обмен веществ как внутри клетки, так и между клетками и средой. Благодаря высокой теплопроводности воды тепло быстро и равномерно распределяется по всему объёму клеток.

Минеральные соли присутствуют в клетках в виде ионов и твёрдых нерастворимых соединений. Они регулируют распределение воды внутри и снаружи клетки, обеспечивают передачу сигналов в нервной системе, участвуют в свёртывании крови, отвечают за прочность костей и множество других функций.

## Почему в клетках преобладают органические вещества?



Органические вещества играют главную роль в осуществлении клеточных функций. Молекулы углеводов и жиров состоят в основном из углерода, водорода и кислорода, а молекулы белков, нуклеиновых кислот и АТФ (аденозинтрифосфорной кислоты) включают ещё азот, серу и фосфор.

*Углево́ды* — основной источник энергии для жизнедеятельности клетки, где наибольшее значение имеет глюкоза. Она растворима в воде и легко подвергается окислению, высвобождая энергию. Избыток глюкозы накапливается в виде животного крахмала — гликогена.

*Жиры́*, или *липи́ды* (от греч. *липос* — жир), — сложные соединения глицерина и жирных кислот. Как и углеводы, являясь источником энергии, они входят в состав клеточных структур.

*Белки́* — крупные, многочисленные и разнообразные молекулы, состоящие из более простых — аминокислот. В состав белков входит более 20 различных аминокислот, которые, соединяясь друг с другом в разной последовательности, образуют длинные цепочки (рис. 4.2). Одна такая цепочка может содержать от нескольких десятков до нескольких сотен аминокислот.

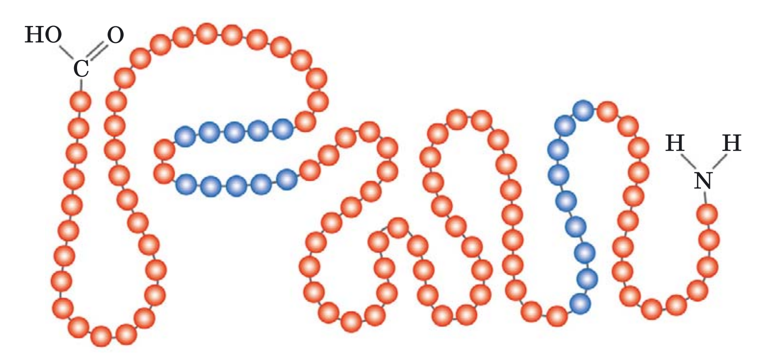



**Рис. 4.2.** Цепочка аминокислот




**Рис. 4.3.** Строение молекулы ДНК



Белки — главный строительный материал клетки. Они входят в состав всех её частей. Многие белки являются биологическими катализаторами реакций — ферментами и регуляторами — гормонами. Все виды движения связаны с сократительными белками. Они участвуют в защите клеток и контактах с внешней средой. Некоторые белки, присоединяя кислород и углекислый газ, переносят их, выполняя транспортную функцию.

*Нуклеи́новые кисло́ты* (от лат. *нуклеус* — ядро) — самые крупные молекулы, которые образуют организмы (рис. 4.3). Они находятся в клеточном ядре и цитоплазме.

В клетке встречаются два типа нуклеиновых кислот: *ДНК — дезоксирибонуклеи́новая кислота́*, состоящая из двух спиралей, и *РНК — рибонуклеи́новая кислота́*.

Ключевой особенностью ДНК является её способность к самоудвоению: две цепочки разделяются, а затем каждая из них достраивает свою зеркальную пару.

Вместе с белками ДНК составляют *хромосо́мы*, которые служат носителями наследственных признаков организма. Структура ДНК определяет последовательность аминокислот в синтезируемых клеткой специфических белках. С синтезом белков связаны и молекулы РНК.

*АТФ* (аденозинтрифосфорная кислота) — это химическое соединение, молекулярные связи которого обладают большой энергией, высвобождаемой при разрыве этих связей. АТФ образуется в результате окисления глюкозы в митохондриях клеток. В сутки в клетках взрослого человека синтезируется несколько десятков килограммов молекул АТФ, которые почти сразу используются для жизнедеятельности.

Запасы АТФ расходуются для поддержания электрического заряда электрически активных клеток, мышечного сокращения, выработки тепла, синтеза сложных органических соединений и формирования новых органоидов клетки.

## Как устроена клетка?

*Кле́тка* — структурная единица организма (рис. 4.4). Она состоит из ядра, цитоплазмы и окружена тончайшей *нару́жной кле́точной мембра́ной* (от лат. *мембрана* — кожица).

*Ядро́* (от лат. *нуклеос* — ядро) обычно расположено в центре клетки и отделено двухслойной мембраной, через которую происходит обмен веществами с цитоплазмой. Ядро заполнено ядерным соком, в который погружены одно или несколько ядрышек и хромосомы.

*Цитопла́зма* (от греч. *цитос* — клетка, *плазма* — содержимое) — полужидкая среда клетки. В ней находятся *органо́иды* (от греч. *органон* — инструмент, орудие) — постоянные структуры клетки, имеющие различные функции. Цитоплазма, медленно перемещаясь в клетке, обеспечивает внутриклеточные взаимодействия.

К органоидам принадлежат эндоплазматическая сеть (ЭПС), рибосомы, митохондрии, комплекс Гольджи, клеточный центр, лизосомы.

Мембранное строение имеют митохондрии, ЭПС, комплекс Гольджи, лизосомы. В *митохо́ндриях* (от греч. *митос* — нить, *хондрион* — зёрнышко) происходит окисление органических веществ и образование АТФ.

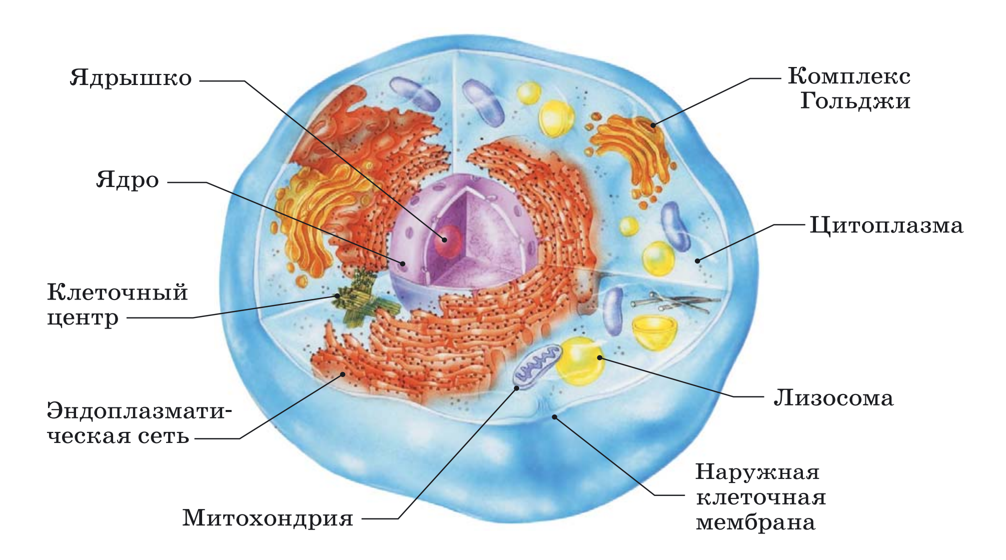



**Рис. 4.4.** Строение клетки

*Эндоплазматúческая сеть* — система замкнутых мембран, канальцев и полостей. ЭПС осуществляет синтез некоторых веществ и внутриклеточный транспорт, поддерживает двусторонние связи между клеточными структурами.

На некоторых мембранах ЭПС располагаются многочисленные *рибосóмы* — синтезирующие необходимые клетке белки.

*Кóмплекс Гóльджи* участвует в накоплении и выведении продуктов, синтезированных в ЭПС, а также в сборке наружной клеточной мембраны.

*Лизосóмы* (от греч. *лизос* — растворение, *сома* — тело) содержат ферменты, способные расщеплять сложные белки, жиры, углеводы клеток на более простые органические вещества.

Расположенный возле ядра *клéточный центр* состоит из двух цилиндрических телец, которые участвуют в делении клетки.

*Нарýжная клéточная мембрáна* образована двумя слоями липидов и пронизывающими их белками. Мембрана обеспечивает избирательное поступление и выведение веществ. Так, кислород, углекислый газ, вода и спирты свободно проходят через липиды мембраны, ионы — через белковые каналы, а органические молекулы клетка поглощает подобно амёбе.

Проникновение веществ через мембрану осуществляется избирательно: одни вещества проходят лишь внутрь клетки, тогда как другие только выходят наружу. В зависимости от состояния клетки интенсивность этих потоков меняется.



Углеводы. Жиры (липиды). Белки. Нуклеиновые кислоты. ДНК. РНК. АТФ. Хромосома. Клетка. Ядро. Цитоплазма. Органоид. Эндоплазматическая сеть (ЭПС). Рибосома. Митохондрия. Комплекс Гольджи. Лизосома. Клеточный центр. Наружная клеточная мембрана.

## Вопросы и задания

**1.** В XIX в. немецкий поэт Ф. Шиллер писал: «Силы четыре, соединяясь, жизнь образуют, мир создают». Как можно интерпретировать слова поэта, говоря о четырёх силах? **2.** Какова роль воды в клетке? **3.** Каково значение белков и нуклеиновых кислот в организме? **4.** В чём заключается роль жиров и углеводов в клетке? **5.** Предложите признак, по которому можно разделить все органоиды клетки. **6.** Как между собой связаны молекулы АТФ и митохондрии, белки и рибосомы?



**Практическая работа** «Исследование строения клеток слизистых».

# §5. Клетка — функциональная единица организма



Клетка является *функциона́льной* (от лат. *функцио* — исполнение) единицей организма, в ней происходят такие важные жизненные процессы, как обмен веществ, с клеткой связаны развитие, размножение, реакции на изменения в среде, движение.

## Что такое обмен веществ?

Каждая клетка нашего тела получает вещества, приносимые кровью от органов пищеварения, — питается. В самой клетке с большой скоростью совершается множество химических реакций, совокупность которых составляет *обме́н веще́ств* (рис. 5.1) — метаболизм.

В клетку постоянно поступают различные вещества, из которых строятся сложные высокомолекулярные соединения — белки, нуклеиновые кислоты, жиры, углеводы. Такой процесс называют *биоси́нтезом*, или *пласти́ческим обме́ном*. Благодаря обмену непрерывно происходит обновление, строятся новые органоиды и клетки, а из клеток — ткани и органы.

Например, белки печени наполовину обновляются каждые 10 дней, а белки мышц — каждые 180 дней. Эти процессы регулируются гормонами и активируются ферментами. Реакции биосинтеза требуют затрат энергии. Энергетическая ценность органических веществ определяется множеством химических связей между атомами в их молекулах.

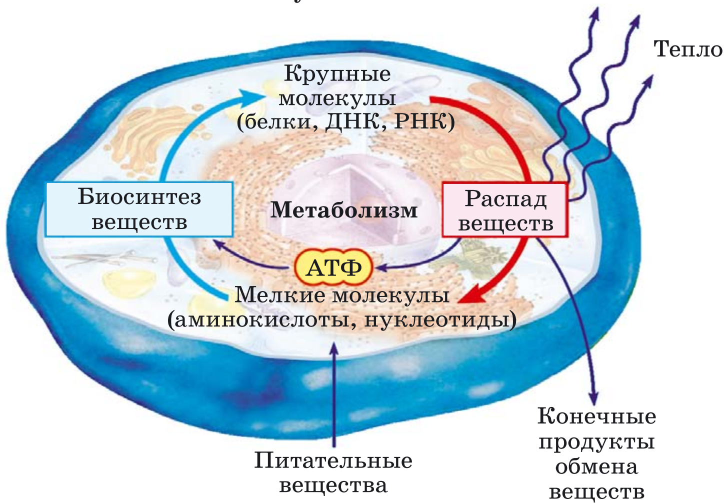



**Рис. 5.1.** Обмен веществ в клетке

При разрыве химических связей заключённая в них энергия высвобождается. Реакции расщепления органических соединений на простые элементы называют *распа́дом веще́ств*. В большинстве клеток распад органических соединений происходит путём окисления кислородом, приносимым кровью.

Высвободившаяся при распаде энергия затрачивается на синтез АТФ, которая является источником энергии для всех жизненно важных процессов в клетке. Совокупность реакций, обеспечивающих клетку энергией, называют *энергети́ческим обме́ном*.

Пластический и энергетический обмен связаны и изолированно не протекают. Выделившаяся при распаде энергия используется для синтеза АТФ и запасается во вновь образовавшихся соединениях. Эти процессы составляют сущность обмена веществ.

## Сейчас много говорят о биологически активных добавках (БАДах). А каковы биологически активные вещества клетки?

Химические реакции в организме происходят при активном участии ферментов и гормонов.

Все жизненные функции в клетке связаны с изменениями физического состояния и химического состава веществ.

Протекание реакций пластического и энергетического обмена проходит в присутствии белков-*ферме́нтов* (от лат. *ферментум* — закваска) — биологических катализаторов. Ферменты действуют только в определённой среде: одни — в кислой, другие — в щелочной, а третьи — в нейтральной.

Активность ферментов зависит от температуры: оптимальная — +37…+40 °C, при более низкой они менее активны, при более высокой необратимо теряют свои свойства. Действие ферментов происходит не только внутри клетки, но и вне её.

*Гормо́ны* (от греч. *гормао* — побуждаю) — органические вещества разной химической природы. Гормоны вырабатываются специальными клетками, образующими железы. Гормоны, в отличие от ферментов, влияют не на один процесс, а на комплексы биологических процессов, например рост, развитие, обмен веществ отдельных клеток и организма.

## Как происходят рост, развитие и размножение клеток?

В процессе жизнедеятельности клетки растут, развиваются и размножаются. При *ро́сте* увеличивается размер и масса клетки. В *разви́тии* происходят качественные изменения: усложнение

структуры, специализация клетки, а при *размножéнии* — увеличение числа клеток, рост тканей и целых органов.

За одни сутки в теле взрослого человека погибает и вновь возникает до $5 \cdot 10^{11}$ клеток. Замена постоянно слущивающихся клеток кожи, заживление ран, срастание костей после переломов, обновление и рост организма происходят в результате деления клеток.

## Всему живому присущи реактивность, возбудимость и движение. Что это?

В ответ на различные воздействия — *раздражéние* — в одних клетках изменяется обмен веществ, форма, структура, их рост и процесс деления; в других образуются различные химические соединения, совершается работа. Способность клеток реагировать на внешние или внутренние факторы — раздражители — называют *реактúвностью*, а непосредственный процесс — *реáкция* — это действие, состояние, процесс, возникающий в ответ на воздействие.

В нервных клетках образуются электрические сигналы, распространяющиеся на другие клетки, мышечные клетки сокращаются, железистые выделяют жидкость — секрет, например слюну. Способность некоторых клеток (нервных, мышечных и железистых) к специфическим реакциям — изменению электрического заряда — называют *возбудúмостью*.

Реакция цитоплазмы на раздражение заключается также во внутреннем перемещении её отдельных органоидов или целых частей. В результате осуществляется *движéние*. Клеткам дыхательных путей присуще ресничное движение, а некоторым клеткам крови — амёбоидное движение.



Обмен веществ. Биосинтез (пластический обмен). Распад. Энергетический обмен. Ферменты. Гормоны. Рост. Развитие. Размножение. Раздражение. Реактивность. Реакция. Возбудимость. Движение.



## Вопросы и задания

**1.** Что такое биосинтез веществ и чем этот процесс отличается от энергетического обмена? **2.** Какова роль гормонов и ферментов в обмене веществ у клеток? **3.** Какие свойства присущи клеткам? **4.** В чём проявляется движение у некоторых клеток? **5.** В стиральные порошки иногда добавляют ферменты. Будут ли они действовать во время кипячения белья и после него? Ответ поясните.



**Лабораторная работа** «Расщепление пероксида водорода с помощью ферментов, содержащихся в животных клетках».

## § 6. Многообразие клеток, их деление



Тело взрослого человека насчитывает более 200 различных типов клеток, которые отличаются по форме, размерам и функциям.

### Что такое стволовые клетки?

*Стволовы́е клéтки* — незрелые клетки, из которых образуются специализированные клетки организма. Они обязательно присутствуют во всех тканях организма. Максимальное их количество у взрослого содержится в красном костном мозге, чуть меньше — в периферической крови, жировой ткани, коже.

На ранних стадиях развития человека стволовые клетки могут превратиться в любые клетки организма (клетки кожи, мышц, костей, нервов и т. д.). Различные типы стволовых клеток остаются действующими в течение всей жизни человека. Например, стволовые клетки тонкого кишечника непрерывно делятся, восстанавливая свою численность. А стволовые клетки, расположенные в полостях костей, дают начало клеткам крови.

Всё это многообразие (рис. 6.1) относят к *соматúческим клéткам*. Помимо соматических, в организме формируются *половы́е клéтки*. Мужские половые клетки — *сперматозóиды* и женские половые клетки — *яйцеклéтки*.




**Рис. 6.1.** Многообразие клеток

**Развитие организма происходит не просто так, а идёт по плану. Что это за план?**

Этот план представлен наследственным аппаратом клетки. Информация записана в структуре ДНК. Участок её молекулы, в котором содержатся сведения об одном признаке или белке, — это *ген* (от греч. *генос* — происхождение).

Молекулы ДНК вместе с обволакивающими их белками образуют хромосомы, находящиеся в ядре.

Число хромосом — постоянный видовой признак растений, животных и человека.

В ядрах клеток человека содержится 46 парных хромосом, т. е. 23 пары (рис. 6.2). В них сосредоточены все гены, составляющие *генотúп*. У мужчин и женщин 22 пары одинаковые — это *неполовы́е хромосо́мы* и различающаяся 23-я пара — *половы́е хромосо́мы*.



**Рис. 6.2.** Набор хромосом человека

В клетках женщин находятся две крупные X (икс)-хромосомы; а у мужчин — крупная X-хромосома и значительно меньшая Y (игрек)-хромосома.

## Как размножаются клетки?

Число клеток увеличивается за счёт деления. Существует два основных способа деления: *непрямо́е*, или *мито́з* (от греч. *митос* — нить) и *мейо́з* (от греч. *мейозис* — уменьшение).

Все клетки, кроме половых, делятся митотически. Образовавшиеся дочерние клетки — это генетические копии, так называемые клоны материнской клетки. В результате увеличивается общее число клеток, происходит рост отдельных органов и тела человека. Половые клетки образуются мейозом.

## Митоз происходит одномоментно или в несколько стадий и насколько долго?

Митоз (рис. 6.3) протекает в несколько стадий и продолжается в среднем около 1,5 ч. Делению клетки предшествует процесс удвоения ДНК, в результате которого около любой молекулы синтезируется её двойник, копия. Каждая хромосома в этот момент состоит из двух идентичных половинок, которые потом станут хромосомами дочерних клеток. Перед делением ядро увеличивается в размерах, а хромосомы скручиваются в спираль и становятся видимыми в световой микроскоп. Позже ядерная мембрана исчезает, а тельца клеточного центра расходятся к полюсам клетки. Между ними формируются белковые нити — *веретенó делéния*.

На следующем этапе хромосомы выстраиваются по экватору клетки. К ним прикрепляются нити веретена деления, разводящие равные половинки по полюсам. С этого момента каждая половинка становится хромосомой новой клетки. Хромосомы покрываются ядерными мембранами, полностью раскручиваются и перестают быть видимыми в микроскоп. После формирования ядер цитоплазма «перешнуровывается», образуя полностью обособленные клетки.

Но не все клетки способны делиться. Например, некоторые нервные клетки и клетки крови такую способность утратили.

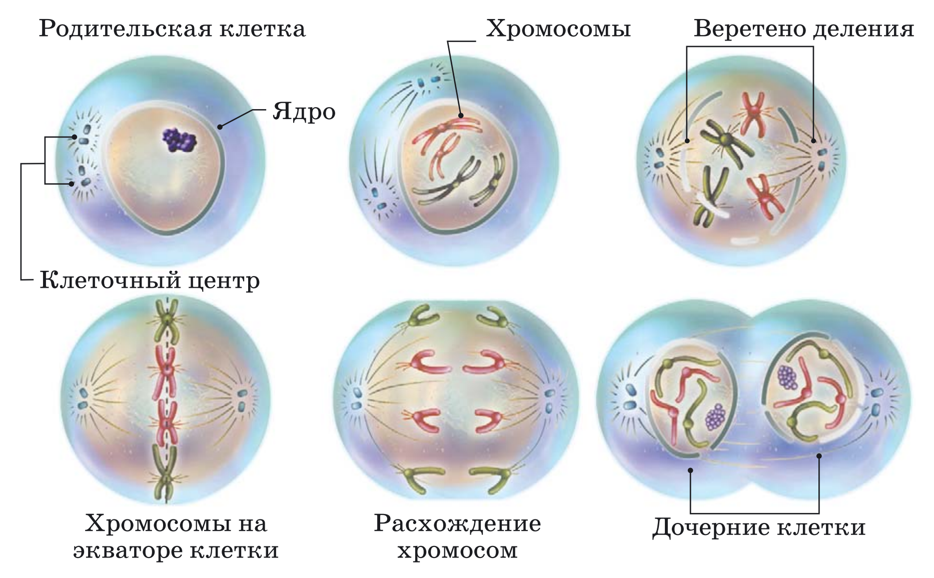



**Рис. 6.3.** Митоз

## В чём отличие мейоза от митоза?

Мейоз — процесс образования половых клеток. В результате него в два раза уменьшается число хромосом, т. е. в половых клетках человека их остаётся только 23. При оплодотворении ядра мужской (сперматозоид) и женской (яйцеклетка) половых клеток сливаются, и число хромосом в зиготе восстанавливается.

## Что представляет собой клеточная теория?

В 1839 г. после исследований в области *цитоло́гии* (от греч. *цито* — вместилище, клетка) и *эмбриоло́гии* (от греч. *эмбрион* — зародыш) растений, проводимых М. Шлейденом, а также *гистоло́гии* (от греч. *гистос* — ткань) и физиологии животных, проводимых Т. Шванном, была сформулирована *кле́точная тео́рия*.

Современные положения клеточной теории:

1) клетка является структурно-функциональной единицей живого, а также единицей развития всех организмов;
2) клетки всех организмов имеют сходный химический состав и общий план строения;
3) новые клетки возникают при делении исходной клетки;
4) многоклеточные организмы развиваются из одной клетки;
5) сходство клеточного строения организмов свидетельствует о единстве их происхождения.

Клеточная теория считается крупным теоретическим обобщением в биологии.



Стволовые клетки. Хромосомы: неполовые, половые. Соматические клетки. Половые клетки. Ген. Митоз. Мейоз. Веретено деления. Клеточная теория.



## Вопросы и задания

**1.** Что представляют собой стволовые клетки? **2.** Чем различаются половые и соматические клетки? **3.** Что представляет собой наследственный аппарат клетки? **4.** Чем отличается набор хромосом женского и мужского организмов? **5.** Какое значение имеет равномерное распределение хромосом между делящимися клетками в митозе? **6.** Что такое мейоз? В чём отличие мейоза от митоза? **7.** Охарактеризуйте основные положения клеточной теории. Как она была сформулирована?

# § 7. Типы тканей и их свойства



В самом начале развития зародыш человека состоит из одинаковых клеток, но довольно рано начинается их специализация.

## Какие бывают ткани?

Группы клеток, сходных по строению, происхождению и выполняемым функциям, называют *тка́нью*. В состав ткани обязательно входит межклеточное вещество. В организме человека различают четыре группы тканей: *эпителиа́льные*, *соедини́тельные*, *мы́шечные* и *не́рвная*.

## В чём особенность эпителиев?

Эпителии покрывают поверхность тела, образуют слизистые оболочки внутренних органов и большинство желёз. Различают покровные и железистые эпителии (рис. 7.1).

Через *покро́вные эпите́лии* совершается обмен. Они осуществляют газообмен (эпителий лёгких), всасывание (кишечный эпите-

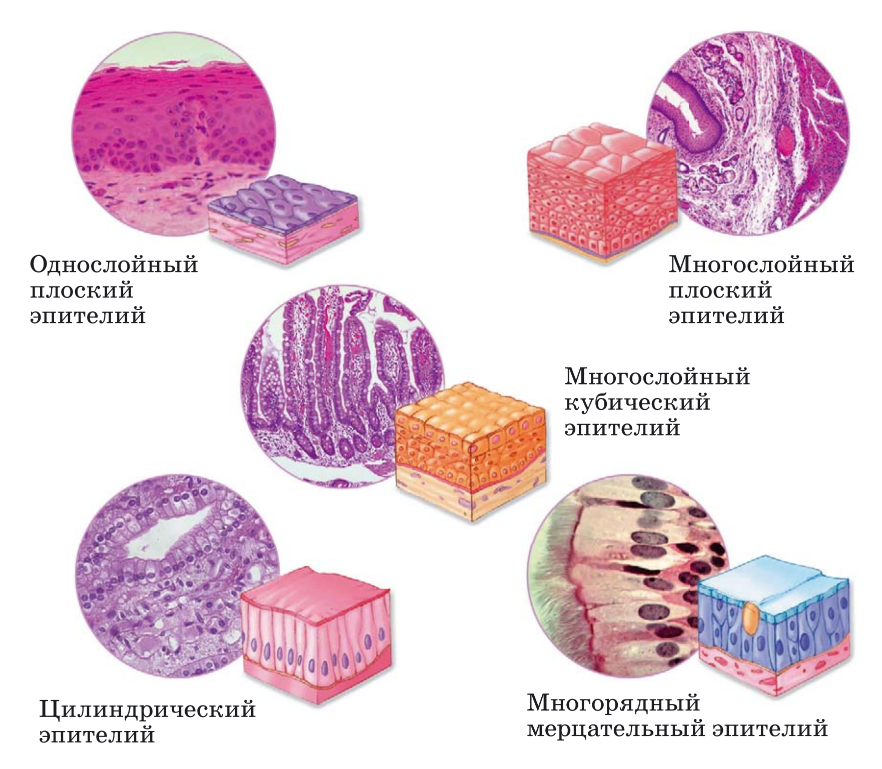



**Рис. 7.1.** Эпителии

лий), выделение (слюнные железы), выполняют защитную функцию (кожный эпителий). Эпителии способны *регенери́ровать* — восстанавливаться после повреждения.

Эпителиальные ткани состоят только из однородных клеток, образующих пласты, одной поверхностью примыкающие к соединительной ткани. В эпителиальных пластах нет кровеносных сосудов, и их питание и газообмен происходят за счёт диффузии веществ из окружающей среды или других тканей.

*Желе́зистые эпите́лии* образуют и выделяют на кожу, слизистые оболочки или в кровь специфические вещества — *секре́ты*. Эти вещества выполняют различные функции: защищают поверхность кожи, участвуют в пищеварении, регулируют работу внутренних органов, удаляют вредные продукты жизнедеятельности. Клетки железистого эпителия образуют железы.

## Какую функцию выполняют мышечные ткани?

Эти ткани с разным происхождением и строением образуют различные мышцы и объединены лишь по одному признаку — *сократи́мости*. Сокращение возникает как реакция на воздействие и выражается в укорочении мышцы с последующим расслаблением.

С этим свойством можно познакомиться на опыте. Если на мышцу подействовать электрическим током, в мышечной ткани возникает сложная биологическая реакция — *возбужде́ние*. Проявление возбуждения в мышце — её сокращение (закон *«Всё или ничего»* см. на с. 44).

HCl

Сокращение мышц вызывает движение частей тела, перемещение его в пространстве, обеспечивает работу сердца, органов дыхания и пищеварения.

Различают мышцы гладкие и поперечнополосатые (скелетные и сердечную) (рис. 7.2). *Гла́дкая мы́шечная ткань* находится в стенках полых внутренних органов: кровеносных сосудов, протоков желёз, желудка, кишечника. Гладкие мышцы сокращаются медленно и непроизвольно, т. е. без сознательного контроля.

*Попере́чнополоса́тая мы́шечная ткань* образует скелетные мышцы и мышцу сердца. Скелетная мышца построена из волокон, достигающих в длину нескольких десятков сантиметров, а их толщина значительно меньше волоса. Каждое волокно имеет множество ядер и сократительные белковые нити. Упорядоченное

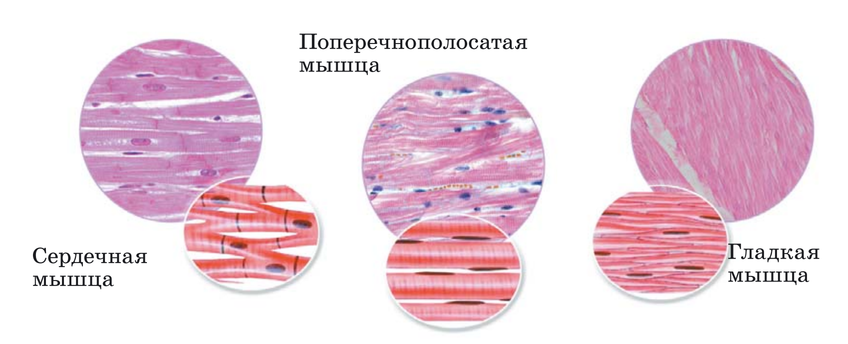



**Рис. 7.2.** Виды мышечной ткани

расположение нитей создаёт чередование тёмных и светлых полос, наблюдаемое в микроскоп. Этим объясняется название ткани.

Поперечнополосатые мышцы сокращаются очень быстро, по сигналам, идущим из мозга, что делает возможными произвольные движения.

Мышечная ткань сердца состоит из одно- или двухъядерных прямоугольных клеток с поперечнополосатой исчерченностью. В отличие от скелетных волокон эти клетки имеют контактные участки, благодаря которым сигнал с одной клетки распространяется на соседние, обеспечивая синхронные сокращения больших участков сердечной мышцы. Сокращается сердечная мышца автоматически по сигналам, которые возникают в самом сердце.

## Что соединяют соединительные ткани?

Это большая и многообразная группа, объединяющая ткани с большим количеством межклеточного вещества. К ним относят скелетные ткани, собственно соединительные ткани, кровь, лимфу, жировую ткань (рис. 7.3). Межклеточное вещество костной ткани — твёрдое, прочное, хрящевой — эластичное и прочное, в крови и лимфе — жидкое.

*Скеле́тные соедини́тельные тка́ни* — хрящевая и костная. Они образованы различными клетками и межклеточным веществом с большим количеством волокон. Эти ткани выполняют опорную, механическую, защитную функции, участвуют в запасании и обмене минеральных веществ.

*Со́бственно соедини́тельная ткань* присутствует во всех органах. Её межклеточное вещество состоит из волокон и бесструктурной полужидкой массы, напоминающей желе, в промежутках между клетками и волокнами. Такое строение создаёт условия




**Рис. 7.3.** Виды соединительной ткани

для циркуляции различных веществ между кровеносными сосудами и клетками.

Особую группу составляют кровь, лимфа и жировая ткань. В крови и лимфе преобладает жидкое межклеточное вещество — плазма. Жировая ткань образована клетками с высоким содержанием жира. Функции этих тканей: питательная, защитная и запасающая.

## В чём отличие нервной ткани от других групп тканей?

Нервная ткань образует нервную систему. В ней различают глиальные клетки и нейроны.

*Глиа́льные клéтки* преобладают по численности, заполняют пространство между нейронами. Они разнообразны по строению и выполняемым функциям.

*Нейро́н* (от греч. *неурон* — жила, нерв) — структурная и функциональная единица нервной ткани (рис. 7.4). Он состоит из тела и отростков. Отростки нейрона различают по строению, форме и функциям. Различают дендриты и аксон.

*Дендри́т* (от греч. *дендрон* — дерево, ветвь) передаёт возбуждение к телу нейрона. У одного нейрона может быть множество коротких, сильно ветвящихся дендритов. Тела нейронов и дендриты образуют *се́рое вещество́*.

*Аксо́н* (от греч. *аксон* — ось) — единственный отросток, который передаёт информацию от нейрона к следующему нейрону или органу. По всей длине аксон окружён глиальными клетками, выделяющими вещество белого цвета — *миели́н*. Между глиальными клетками есть промежутки — перехваты Ранвье. Вместе они составляют нервное волокно. Пучки таких волокон образуют нервы, а в мозге — белое вещество.

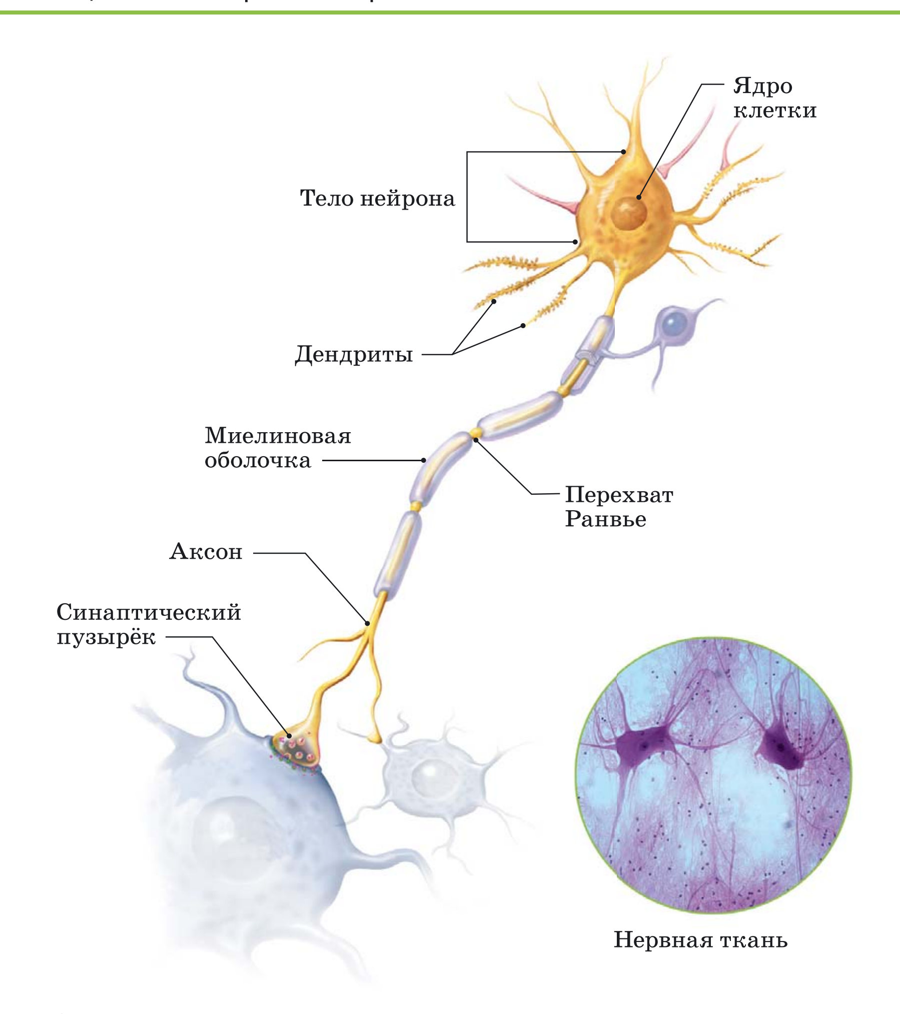



**Рис. 7.4.** Строение нейрона и нервная ткань

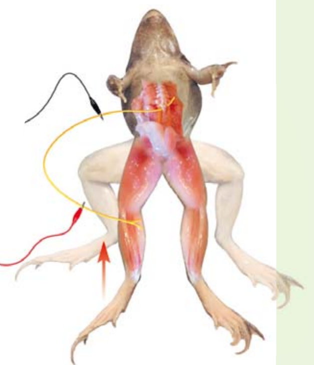
Нейроны связаны друг с другом и с тканями, которые они иннервируют — снабжают нервами, через синапсы. *Си́напсы* — это места контакта аксона с другими нейронами и клеточными элементами, которые воспринимают его сигналы. Под электронным микроскопом отчётливо видно, что ни нервные клетки, ни мышечные волокна, ни клетки других тканей с аксоном непосредственно не соединяются. Между ними остаётся узкая щель шириной 0,000002 см. Наличие щели делает невозможным непосредственный переход электрического сигнала с аксона на следующие нейроны и другие образования.

## Как осуществляется связь между нейронами?

Установлено, что концевые участки аксона образуют небольшие утолщения, напоминающие пуговицы. В этих утолщениях имеются пузырьки, которые содержат вещества — *медиáторы* (от лат. *медиатор* — посредник). Попадающие на концевые утолщения нервные импульсы вызывают освобождение медиатора: пузырьки лопаются, а их содержимое поступает в синаптическую щель. Преодолев короткое расстояние, медиатор раздражает мембрану воспринимающего нейрона, в котором вновь возникает электрический ток.

## Каковы же свойства нервной ткани?

Познакомиться со свойствами нервной ткани нетрудно на опыте. Если раздражать нерв, идущий к мышце лягушки, электрическим током, возникает возбуждение, которое проводится к мышце и вызывает её сокращение. Следовательно, основное свойство нервной ткани — *возбуди́мость* и *проводи́мость*.





Ткань. Эпителии: покровные, железистые. Регенерация. Секреты. Гладкая мышечная ткань. Поперечнополосатая скелетная ткань. Поперечнополосатая сердечная ткань. Сократимость. Возбуждение. Собственно соединительная ткань. Скелетная соединительная ткань. Нервная ткань. Нейрон. Глиальная клетка. Миелин. Аксон. Дендрит. Синапс. Медиатор. Возбудимость. Проводимость.

## Вопросы и задания

**1.** Что такое ткань и какие группы тканей вам известны? **2.** Какими свойствами обладают нервная и мышечная ткани? **3.** Чем различаются строение эпителиальной и соединительной тканей? **4.** Сравните неповреждённую кожу и шрам на коже. Объясните, почему ткань, образующая шрам, не загорает и отличается на ощупь от здоровой кожи.



**Лабораторная работа** «Строение тканей человеческого организма (на готовых микропрепаратах)».

# § 8. Организм человека как единое целое



Организм — биологическая система, образованная белками и нуклеиновыми кислотами, клетками, тканями и органами, способная к обмену веществ, самовоспроизведению (размножению) и саморегуляции.

## Почему организм может существовать только как единое целое?

Молекулярные системы объединяются по иерархическому принципу соподчинения («принципу матрёшки»): меньшие в качестве подсистем составляют большее — систему.

Любое явление подчиняется закону *иера́рхии* (от греч. *хиерос* — священный, *архе* — власть) и в то же время является её продуктом.

Выделяют следующие основные уровни организации организма человека (рис. 8.1):

*молекуля́рный → кле́точный → тка́невый → о́рганный → систе́м о́рганов → органи́зменный*.

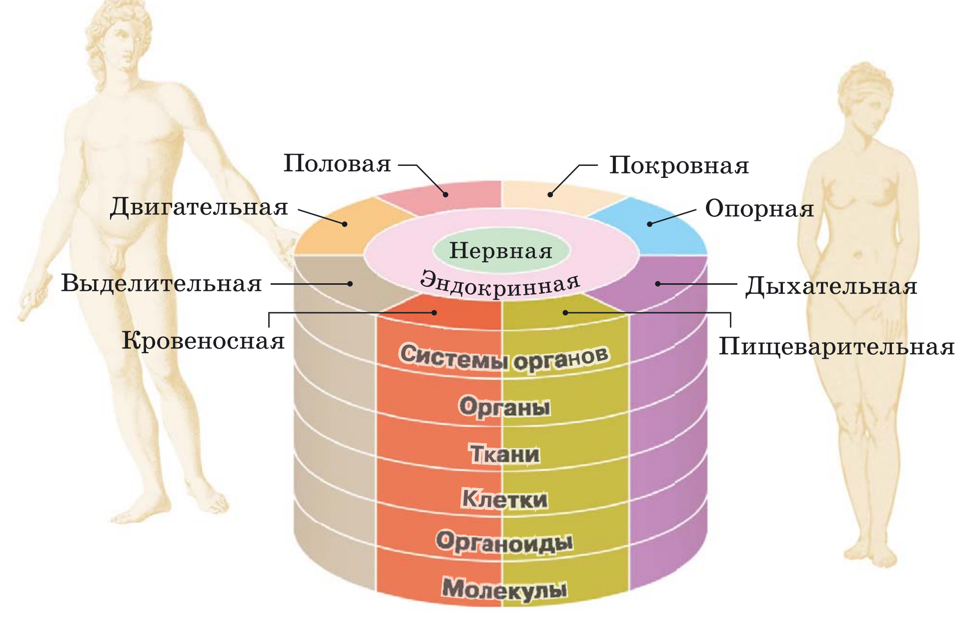



**Рис. 8.1.** Уровни организации человеческого организма

## Что представляют собой организм и его органы?

Выделение уровней организации позволяет получить сквозную картину организации жизни. Отдельное существо в этой организации определяют как *органи́зм*. По мнению выдающегося русского физиолога И. М. Сеченова, в определение термина «организм» должна быть включена и окружающая среда, частью которой организм является.

Несмотря на непрерывный обмен веществ, на каждом из уровней сохраняется постоянство свойств.

Во-первых, это достигается непрерывной работой биологических систем против изменяющихся внешних условий, что придаёт организму устойчивость. Человеку постоянно приходится адаптироваться и даже противостоять непостоянным факторам, например изменению потоотделения при перепадах температур.

Во-вторых, это достигается самовоспроизведением — передачей наследственных признаков в потомстве при размножении.

Организмы обладают большими возможностями приспособления к изменениям внешней среды. Однако при резких или сильных сменах условий обитания поддерживание параметров жизнедеятельности становится невозможным. Так, при критических значениях температур человек может потерять сознание и даже умереть.

Организм человека состоит из органов. *О́рган* (от греч. *органон* — инструмент) — часть тела, выполняющая одну или несколько функций. В каждом органе часто можно обнаружить все виды тканей, одна из которых является главной — ведущей, рабочей. В мозге это нервная ткань, в сердце — мышечная, в черепе — костная и т. д.; другие ткани выполняют вспомогательные функции.

Органы, находящиеся в полостях тела (рис. 8.2), называют внутренними. Поскольку органы — это

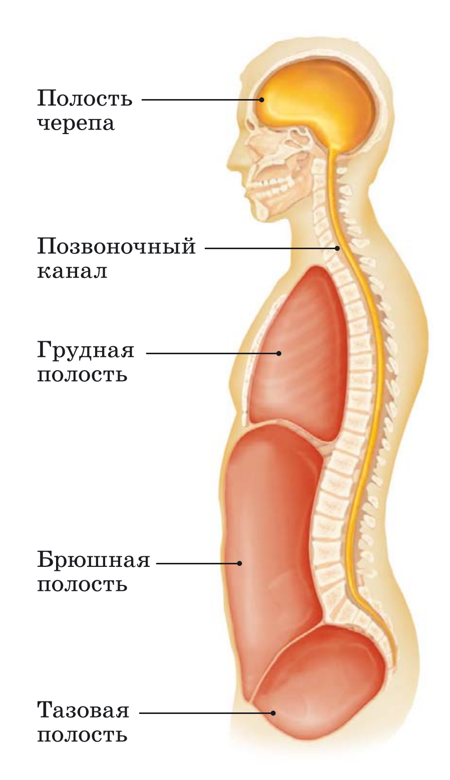



**Рис. 8.2.** Полости тела

части организма, вне его они работать не могут. Более того, органы функционируют сообща.

Если вы положите руку на парту ладонью вниз и рассмотрите пальцы, то увидите, что над суставами кожа собрана в складки. Как вы думаете, почему именно в этом месте наблюдаются эти неровности кожи? Что было бы, если бы такие складки отсутствовали?

В то же время организм способен обходиться без отдельных органов. Об этом свидетельствует, например, хирургическое удаление зубов, аппендикса (червеобразного отростка кишки) или желчного пузыря.

## Что представляют собой системы органов и какие они бывают?

Органы, объединённые выполнением определённых функций, строением и происхождением, составляют *систéму óрганов*.

Покровная система представлена кожей, окружающей тело снаружи, а также эпителием пищеварительного канала и воздухоносных путей.

Кровеносная система образована сердцем и кровеносными сосудами. Её функция заключается в обеспечении движения крови с питательными веществами и кислородом к тканям и клеткам и освобождении их от конечных продуктов обмена.

Дыхательная система состоит из воздухоносных путей и лёгких. Она обеспечивает организм кислородом, удаляет углекислый газ, пары воды, участвует в поддержании температуры тела.

Пищеварительная система представлена пищеварительным каналом и пищеварительными железами. Их деятельность обеспечивает переваривание пищи, всасывание питательных веществ в кровь и лимфу, выделение конечных продуктов.

Выделительная система включает почки, мочеточники, мочевой пузырь, мочеиспускательный канал. Через неё удаляются конечные продукты обмена, избыток воды, солей, мочевины.

Половая система обеспечивает продолжение рода, состоит из половых желёз и органов, отвечающих за выведение половых продуктов.

Системы опоры и движения — множество костей, хрящей, образующих скелет, и мышцы. Они формируют тело, обеспечивают его опору и движение, защищают внутренние органы.

Все вышеперечисленные системы относят к *регули́руемым систéмам*, т. е. таким, деятельность которых напрямую зависит

от сигналов, поступающих от нервной и эндокринной систем. Все системы, кроме системы опоры и движения, называют *вегетати́вными систе́мами*.

Эндокринную и нервную системы относят к *регули́рующим систе́мам*.

Эндокринная система — это группа желёз внутренней секреции. Они вырабатывают и выделяют в кровь особые химические вещества — гормоны.

Нервная система образована головным и спинным мозгом, а также нервными узлами и нервами, проникающими ко всем органам. Посредством электрических (нервных) сигналов нервная система наряду с эндокринной регулирует и согласовывает деятельность всех других систем, обеспечивая функционирование организма как целого в его постоянном взаимодействии с внешней средой.

## Что объединяет все системы в единое целое?

Организм всегда отвечает на изменения, происходящие в нём самом и во внешней среде. Существование организма было бы невозможно, если бы он не реагировал на эти изменения.

Чтобы убедиться в этом, задержите дыхание, и вы заметите покраснение кожи, учащение пульса. Это подтверждает факт тесной связи систем дыхания и кровообращения, возможной при непосредственном участии нервной системы.

Важной физиологической функцией является *гомеоста́з* (от греч. *гомойос* — одинаковый, *стасис* — состояние) — устойчивость, сохранение постоянного химического и клеточного состава, структуры и физических свойств, например давления крови, температуры тела и др. Наш организм — саморегулирующаяся система. *Саморегуля́ция* достигается взаимосвязью и взаимоподчинённостью всех процессов, в них происходящих. Нарушение работы одного органа в той или иной степени нарушает деятельность и других.

Реакции организма направлены на поддержание гомеостаза, выражающееся в удовлетворении возникших потребностей, защите от вредных воздействий, приспособлении, адаптации к изменившимся условиям.



Иерархия. Организм. Орган. Системы органов. Вегетативные системы. Регулируемая система. Регулирующая система. Гомеостаз. Саморегуляция.

## Вопросы и задания

**1.** Каковы уровни организации организма человека? **2.** Что такое орган? Какие органы вы знаете? **3.** Что общего между системами дыхания и выделения? **4.** Как система опоры и движения связана с нервной системой? **5.** Каким системам принадлежит ведущая роль в поддержании слаженной работы гомеостаза?

## Знаете ли вы, что...

Французский химик Г. Бертран подсчитал, что тело человека, весящего около 100 кг, содержит 63 кг кислорода, углерода — 19 кг, водорода — 9 кг, азота — 5 кг, кальция — 1 кг, фосфора — 700 г, серы — 640 г, натрия — 250 г, калия — 220 г, хрома — 180 г, магния — 40 г, железа — 3 г, йода — 0,03 г. Фтора, брома, марганца, меди — ещё меньше.

Организм взрослого человека состоит приблизительно из 37 трлн клеток ($3{,}7 \cdot 10^{13}$), и несколько миллионов из них ежедневно замещаются новыми.

Размер клеток человека колеблется от 0,01 мм — у нервных клеток до 0,2 мм — у яйцеклеток.

Длина ДНК только одной клетки организма человека составляет около 1,8 м.

Число генов, кодирующих последовательность аминокислот в молекуле белка у человека, составляет 20–25 тыс.

Мышечные волокна сокращаются по закону *«Всё или ничего»*. Раздражители (электрический ток, давление, тепло или химические вещества), воздействующие непосредственно на мышцу или нерв, ведущий к ней, могут быть столь слабыми, что мышца не реагирует. Если действие раздражителя усиливается, наступает момент, когда возникает ответ волокна, и отвечает оно единственным способом — полным сокращением, на которое оно в данный момент способно.

## Из истории науки

В 1543 г. фламандский анатом и врач А. Везалий написал книгу «О строении человеческого тела». Это была наиболее полная и точная работа по анатомии человека.

В конце XVIII в. французский анатом, физиолог и врач М. Бише ввёл в биологию термины «ткань», «система», а также создал первую научную классификацию животных тканей.

В 1857 г. Ф. Лейдинг с коллегами одним из первых заложил представление о тканях — гистологию.

В 1878 г. В. Флемминг сделал описание митотического деления животных клеток.

В 1906 г. была присуждена Нобелевская премия по физиологии и медицине К. Гольджи совместно с С. Рамон-и-Кахалем «в знак признания их трудов о структуре нервной системы».

В 1953 г. Дж. Уотсон и Ф. Крик предложили модель структуры ДНК в виде двойной спирали.

В 2003 г. появилась первая российская биотехнологическая компания «Институт стволовых клеток человека».

## Выбираем профессию



*Цитóлог* — это специалист, изучающий клеточные процессы для ранней диагностики заболевания. Врач-цитолог определяет, присутствуют ли изменения в образцах клеток, полученных путём *биопсúи* (от греч. *опсис* — зрелище). Это помогает другим врачам раньше поставить точный диагноз.

*Гистóлог* — это врач, который изучает строение тканей различных органов человека. Специалист проводит исследование препаратов под микроскопом и описывает гистологическую картину процесса. Например, задача гистолога — подтверждение или исключение злокачественных новообразований. Иногда в трудных случаях именно гистологическое исследование даёт возможность поставить окончательный диагноз.

## От учёных



На фотографии изображён микротом — прибор для приготовления срезов биологических тканей для оптической микроскопии. Режущей частью этих аппаратов являются специальные металлические ножи, позволяющие делать срезы толщиной 1–50 мкм.



Для получения более тонких срезов применяют ультрамикротомы. С их помощью получают срезы толщиной 10–100 нм, которые используют для электронной микроскопии. Столь тонкие срезы удаётся получить благодаря специальным стеклянным или алмазным ножам.

## Выводы по главе «Общий план строения организма человека»

Клетка — единица строения организма, состоящая из клеточной мембраны, ядра и цитоплазмы с органоидами.

Для клеток характерно питание, обмен веществ — биосинтез и распад, развитие и рост, размножение. Эти процессы регулируют гормоны и ферменты. Все клетки обладают раздражимостью, реактивностью, а некоторые ещё возбудимостью и движением.

Клетки подразделяют на соматические и половые. Все соматические клетки делятся путём митоза, а половые — мейоза. Многообразие клеток организма создаётся из стволовых клеток.

Наследственный аппарат клетки представлен хромосомами, в которых расположены гены. В генах закодирована информация о признаках отдельных клеток и всего организма.

В организме клетки объединяются в ткани, и каждая ткань имеет особенности, позволяющие выполнять специфические функции. Важным свойством нервной и мышечной тканей является возбудимость. Мышечная ткань способна к сокращению.

Из тканей состоят органы, объединяющиеся в системы органов. Регулирующими системами являются нервная и эндокринная. Они обеспечивают целостность организма и способность к саморегуляции.

### Темы докладов, рефератов, презентаций, проектов

1. А. Везалий и его научный подвиг.
2. История открытия и изучения клеточного строения организмов. Предпосылки создания клеточной теории.
3. История открытия наследственной информации в живой природе. Гены и хромосомы.
4. Белки — основа жизни. Искусственный биосинтез белка.
5. Клетки и ткани человеческого организма.
6. Гистология и её методы.
7. Органы и системы органов человеческого организма.

# Глава 3
# НЕЙРОГУМОРАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ

## § 9. Нервная система, её организация и значение



Жизнедеятельность организма зависит от согласованной работы органов и систем, их своевременной и правильной реакции на изменения в среде. Центральная роль в этом принадлежит нервной системе.

### Что представляет собой нервная система и почему она играет ведущую роль в организме?

*Не́рвная систе́ма* — это совокупность взаимодействующих структур — нейронов, глиальных клеток, нервов, нервных узлов и сплетений, объединённых выполнением общих функций.

Действия нервной системы направлены на поддержание гомеостаза, которое заключается в регуляции работы отдельных органов и систем организма. При этом она связывает, согласует и упорядочивает деятельность отдельных органов и тем самым объединяет организм в единое целое. Через органы чувств нервная система получает информацию об окружающей среде и формирует целесообразное поведение. В целом она обеспечивает эффективное приспособление к среде существования человека как социального существа со сложной и тонкой психикой.

Например, когда температура воздуха понижается, организм отвечает на это изменение внешних условий рядом рефлексов: кожные сосуды суживаются, количество выделяемого пота уменьшается, сердечные сокращения учащаются и усиливаются, дыхание учащается и углубляется. В это время человек осознанно пытается тепло одеться и создать условия для тех, кто нуждается в тепле.

### Каков общий план строения нервной системы?

Нервная система (рис. 9.1) состоит из двух подсистем. Головной и спинной мозг образуют управляющий центр — *центра́льную не́рвную систе́му* (ЦНС). Она связана со всеми органами посредством *перифери́ческой не́рвной систе́мы*. Благодаря многочисленным нейронным отросткам в центральной нервной системе формируются цепи, сети и нервные центры.

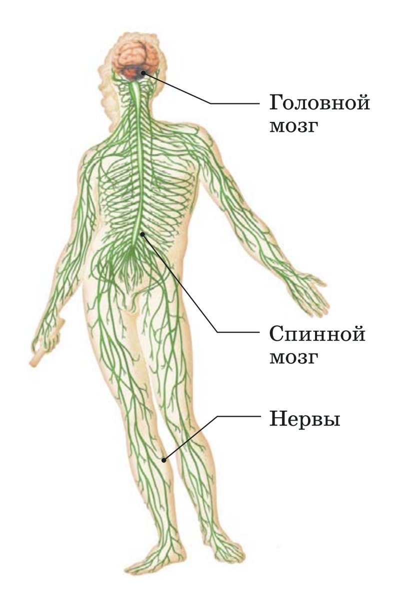



**Рис. 9.1.** Нервная система человека

В центральную нервную систему поступает информация о событиях из внешней среды и от внутренних органов, мышц и рецепторов, следящих за состоянием внутренней среды организма.

*Перифери́ческая не́рвная систе́ма* представлена нервами головного и спинного мозга, нервными узлами и сплетениями.

*Не́рвы* (от лат. *нервус* — жила) — это покрытые соединительной тканью пучки длинных нервных волокон, находящиеся за пределами головного и спинного мозга (рис. 9.2).

От головного мозга отходят 12 пар черепно-мозговых, или черепных, нервов, а от спинного — 31 пара спинномозговых нервов. Большинство нервов смешанные, составленные из чувствительных и двигательных волокон. Нервы проводят сигналы от рецепторов в мозг и от него команды управления к исполнительным органам, мышцам, железам.

Скопления нейронов вне ЦНС называют *не́рвными узла́ми*.

Одни нервные узлы принимают первичную информацию и передают её в ЦНС. Другие — обрабатывают сигналы, поступающие из ЦНС к внутренним органам.

Разделение нервной системы на центральную и периферическую в известной степени условно, так как нервная система одна и функционирует как единое целое.

В процессе исторического развития животного мира произошло разделение функций нервной системы. Одна часть — соматическая — стала специализироваться на восприятии информации из окружающего мира и на управлении движениями тела, а другая — вегетативная — на управлении внутренними органами и обменом веществ. У человека это разделение достигло наивысшего развития.

*Сомати́ческая* (*теле́сная*) *не́рвная систе́ма* осуществляет восприятие внешних раздражений, управляет произвольными движениями, т. е. сознательными и волевыми.

*Вегетати́вная* (*автоно́мная*) *не́рвная систе́ма* регулирует функции внутренних органов (гладкой мускулатуры сосудов, желёз) и обмен веществ. Деятельность этой системы не контролируется сознанием, осуществляется самостоятельно, автономно.

Разделение функций нервной системы дало человеку большие преимущества в выживании. Оно позволяет сосредоточиться на таких важных действиях, как уклонение от опасности, забота о потомстве, строительство жилища. Деятельность внутренних органов — сердца, сосудов, кишечника, поддерживающих обмен веществ, а также настройка органов чувств на оптимальный режим работы, например изменение кривизны хрусталика при рассматривании далёких и близких предметов, реакции зрачка и т. д., совершаются автономно и не отвлекают от главного.




**Рис. 9.2.** Нерв



Центральная нервная система. Периферическая нервная система. Нерв. Нервный узел. Соматическая (телесная) нервная система. Вегетативная (автономная) нервная система.



### Вопросы и задания

**1.** Какие отделы выделяют в нервной системе? **2.** На чём основано разделение нервной системы на отделы? **3.** Развитием какого органа обусловлены чрезвычайно сложные функции нервной системы человека? **4.** Что входит в состав периферической нервной системы? **5.** Почему в процессе исторического развития животного мира произошло разделение нервной системы на соматическую и вегетативную?

## § 10. Рефлекс — основной акт нервной деятельности



Деятельность нервной системы основана на процессах возбуждения и торможения. *Возбужде́ние* возникает в ответ на раздражение, проявляется в реакциях нервной ткани и выражается в проведении возбуждения. *Торможе́ние* — самостоятельное явление, вызываемое возбуждением и выражающееся в прерывании или подавлении другого возбуждения.

Возбуждение и торможение — противоположные нервные процессы, взаимодействие которых обеспечивает гармоничную деятельность нервной системы, согласованную работу внутренних органов.

### Почему рефлекс является основным актом нервной системы?

Целенаправленная деятельность организма выражается в рефлекторном акте — *рефле́ксе* (от лат. *рефлексус* — отражённый, повёрнутый назад). Он является основной формой нервной деятельности, так как обеспечивает тонкое, точное и совершенное приспособление организма к изменяющимся условиям среды. В этом и заключается его главное биологическое значение.

На рефлексах строится поведение — сумма индивидуальных реакций, обеспечивающих адаптацию животных и человека. Они также служат одним из видовых критериев, который выражается в том, что у каждого вида имеется свой набор рефлексов.

### Что представляет собой рефлекс?

Рефлекс — целостная ответная реакция организма на раздражение, осуществляемая с участием центральной нервной системы.

Рефлекс проявляется в возникновении, изменении или прекращении деятельности частей тела, непроизвольных движениях, в изменении деятельности внутренних органов, эмоциях и поведении. Рефлекс, таким образом, имеет объединяющий, связывающий характер: в реакцию вовлекается весь организм, включая движение, а также изменения в работе внутренних органов, органов чувств и поведения.

### Каково основное свойство рефлекса и как он осуществляется?

Каждый рефлекс *детермини́рован* (от лат. *детерминаре* — определять), обусловлен определённой причиной и возникает лишь в ответ на раздражение *реце́пторов* — специализированных структур и нервных окончаний, чувствительных к раздражителям. Рецепторы воспринимают информацию не только из внешней среды с помощью органов чувств. Их очень много и в стенках внутренних органов. Каждый тип рецепторов избирательно реагирует на раздражитель с определёнными свойствами: холод, тепло, звук, прикосновение, свет, давление и т. д.

Для того чтобы убедиться в этом, достаточно остриём тонко отточенного карандаша провести по тыльной стороне кисти руки.

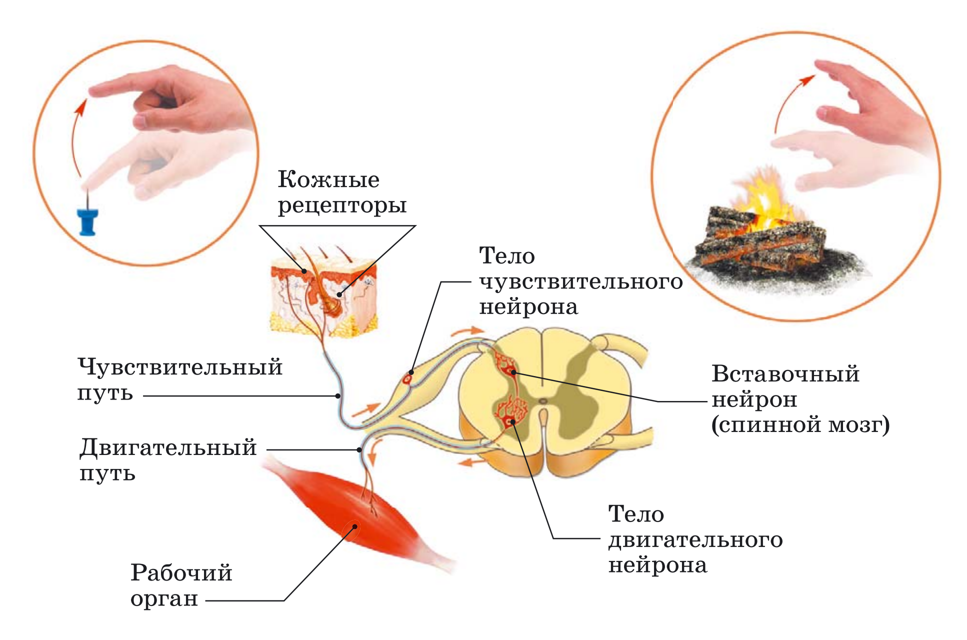



**Рис. 10.1.** Некоторые безусловные рефлексы

В момент, когда карандаш будет воздействовать на рецепторы холода, мы почувствуем холодок. В остальное же время будем ощущать лишь прикосновение.

При раздражении в рецепторах возникает возбуждение: рецепторы преобразуют энергию раздражителей в нервные сигналы электрической природы. Полученная и преобразованная (оцифрованная) рецепторами информация кодируется в виде электрических импульсов и передаётся по волокнам чувствительных нейронов до места контакта с другой нервной клеткой.

Нейрон не отвечает на каждый сигнал, поступающий через его синапсы, а предварительно «суммирует» положительные и отрицательные воздействия, после чего посылает нервные импульсы дальше или задерживает их.

В трёхнейронной дуге сигнал передаётся на вставочные нейроны, а от них поступает на двигательные нейроны, идущие к мышце, или секреторные, идущие к железе (рис. 10.1).

В двухнейронной дуге импульсы прямо от чувствительных нейронов транслируются на двигательные (рис. 10.2). Эти нейроны, так же как и контакты, расположены в ЦНС и образуют нервный центр рефлекса. В нём после обработки поступившей информации формируется команда управления. По волокнам двигательных

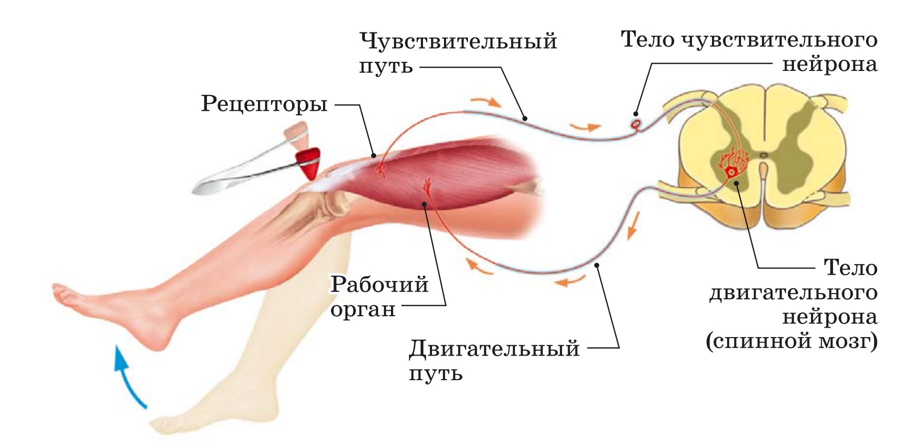



**Рис. 10.2.** Коленный рефлекс

нейронов она поступает к исполнительному (рабочему) органу. Исполнителями в разных рефлекторных реакциях могут быть скелетные мышцы, гладкие мышцы внутренних органов, железы.

Рефлексы осуществляются не моментально, а с задержкой, связанной с инерционностью химических процессов в синапсах и большей продолжительностью в трёхнейронной дуге по сравнению с двухнейронной.

## Что является структурной основой рефлекса?

Анатомической основой рефлекса является цепь связанных нервных клеток, обеспечивающих проведение нервных импульсов от рецептора к рабочему органу и образующих *рефлектóрную дугý*, или *рефлектóрный путь*. На этом пути, в этой цепи, выделяют пять звеньев:

1) рецептор, воспринимающий воздействия и вырабатывающий нервные импульсы;
2) чувствительный центростремительный путь, образованный отростками чувствительных нейронов, по которым нервные сигналы достигают нервных центров в мозге;
3) нервный центр, включающий вставочные и двигательные нейроны, вставочные нейроны обрабатывают поступающие сигналы и направляют их к двигательным нейронам, которые продуцируют команды;
4) центробежный путь, образованный волокнами двигательных или секреторных нейронов, по которым нервные импульсы проводятся к рабочему органу;
5) рабочий орган — мышца или железа.

## Почему так сложны рефлекторные пути?

Исследования показали большую сложность в распространении возбуждения в рефлекторных дугах по сравнению с нервными волокнами. Нервные волокна лишь проводники возбуждения. Сложность рефлексов объясняется тем, что между нейронами нет прямых анатомических связей, а есть функциональные контакты — синапсы. Каждый нейрон контактирует примерно с 5 тыс. других и, в свою очередь, принимает влияние от такого же количества клеток (рис. 10.3). Посредством их нейроны связаны и объединены в цепи, сети и нервные центры.

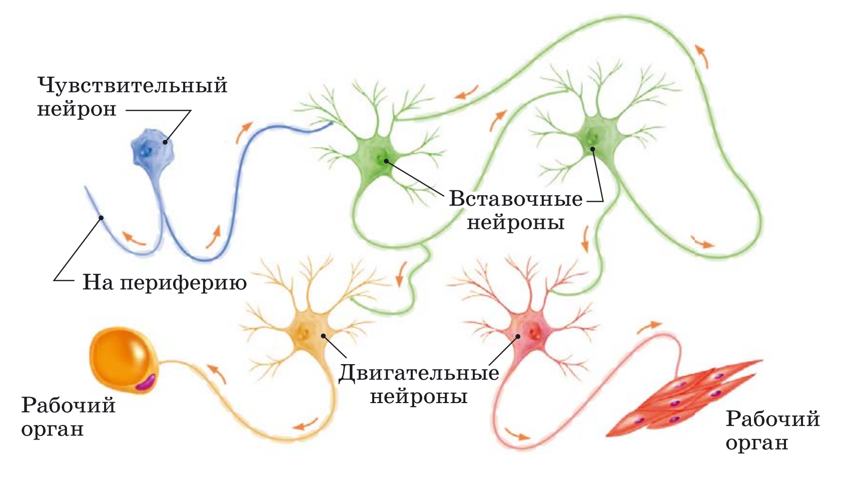



**Рис. 10.3.** Рефлекторный путь

Мозг связан со всеми органами нервами, образующими периферическую нервную систему. В функциональном отношении эти два отдела составляют единое целое — нервную систему, главная и специфическая функция которой — осуществление рефлексов.

## Много ли существует рефлексов?

Нервная деятельность складывается из различных рефлексов. Все сознательные и бессознательные акты являются рефлекторными. Человек обладает набором врождённых рефлексов, генетически запрограммированных и сформированных ещё в период внутриутробного развития. Они имеют готовые рефлекторные пути, и для их осуществления не требуется никаких дополнительных условий. И. П. Павлов назвал их *безусло́вными*.

Другие же рефлексы возникают при определённых условиях, а их рефлекторные дуги формируются путём образования новых связей нейронов в коре головного мозга — это *усло́вные* (*приобретённые*) *рефле́ксы*. Они приобретаются в частном порядке на основе обучения, опыта, практики.

Единой классификации рефлексов не существует. Их систематизируют по разным признакам. По биологическому проявлению распознают двигательные, оборонительные (защитные), пищевые, половые, ориентировочные, гемостатические и др. По рецепторам или органам чувств, при раздражении которых они возникают, различают зрительные, слуховые, вкусовые, тактильные, температурные и др. По типу нервной системы — соматические и вегетативные. По отделам мозга, в которых замыкаются их дуги, — рефлексы спинного мозга, продолговатого, среднего и других отделов головного мозга. По ведущим системам органов — рефлексы дыхательной, сердечно-сосудистой, пищеварительной, выделительной, половой и двигательной систем. Этого достаточно для понимания относительности классификаций: каждая основывается на каком-либо одном признаке.

Организм владеет необходимым набором рефлекторных реакций на различные воздействия, обеспечивающих его целесообразное поведение и приспособление к разным условиям.

## Как используют знания о рефлексах в медицине?

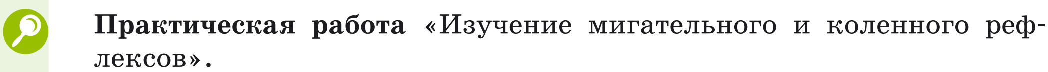
Различные методы лечения с общим названием *рефлексотера́пи́я* основаны на раздражении (механическом, термическом и др.) определённых зон биологически активных точек поверхности тела. Это иглоукалывание, электровоздействие, точечный массаж и др. Рефлексотерапию применяют в неврологии, терапии и многих других областях медицины в целях реабилитации пациентов.



Возбуждение. Торможение. Рефлекс. Детерминированность. Рецептор. Рефлекторная дуга (рефлекторный путь). Безусловный рефлекс. Условный рефлекс. Рефлексотерапия.

## Вопросы и задания

**1.** Какие два процесса характеризуют деятельность нервной системы? **2.** Почему, прикоснувшись к горячему предмету, мы отдёргиваем руку? **3.** Что представляет собой рефлекс? **4.** Почему так сложны рефлекторные дуги (пути)? **5.** Из каких звеньев и нейронов состоит рефлекторная дуга?



**Практическая работа** «Изучение мигательного и коленного рефлексов».

# § 11. Спинной мозг, его строение и функции

В состав ЦНС входит *спинно́й мозг*. Расположение спинного мозга — от основания черепа до поясничного отдела позвоночника.



## Где находится и что представляет собой спинной мозг?

Спинной мозг расположен в канале позвоночного столба и имеет вид цилиндрического тяжа с двумя утолщениями. Длина спинного мозга у взрослого человека — около 45 см диаметром около 1 см. Узкая полость в нём — *центра́льный кана́л*. Спинной мозг погружён в спинномозговую жидкость, которая амортизирует толчки и сотрясения при движениях, обеспечивает питание нервных клеток.

Спинной мозг (рис. 11.1) окружают три оболочки: наружная — *твёрдая*, средняя — *паути́нная* и прилегающая непосредственно к мозгу — *мя́гкая* (*сосу́дистая*).

Полость между паутинной и мягкой оболочками заполнена спинномозговой жидкостью. Эту жидкость исследуют врачи для постановки диагноза, проводя пункцию (прокол). Центральный канал также заполнен жидкостью.

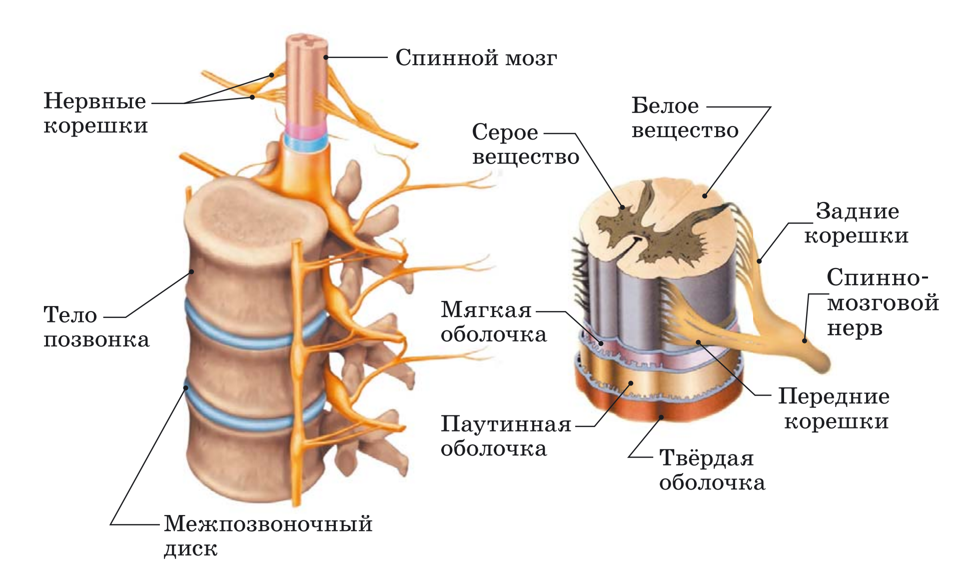



**Рис. 11.1.** Строение спинного мозга

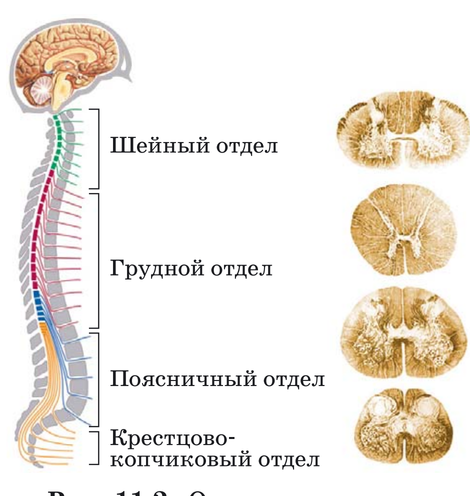



**Рис. 11.2.** Отделы спинного мозга

На поперечном разрезе спинного мозга хорошо видно серое вещество, занимающее его центральную часть. Оно имеет вид буквы Н или летящей бабочки. Выступы серого вещества, направленные вперёд, — *пере́дние рога́*, а обращённые назад — *за́дние рога́*.

В грудных сегментах есть ещё и *боковы́е рога́*.

Серое вещество окружено белым веществом, образованным длинными отростками нейронов — нервными волокнами. Они формируют его проводящие пути в восходящем и нисходящем направлениях.

Спинной мозг состоит из 31 сегмента (рис. 11.2). От каждого сегмента отходит по паре *пере́дних* и *за́дних корешко́в*. Передние образованы отростками двигательных нейронов, а задние — отростками чувствительных нейронов. Корешки, выходя из позвоночного канала, сливаются и образуют смешанный спинномозговой нерв.

От каждого сегмента к правой и левой сторонам тела отходит пара спинномозговых нервов: 8 шейных, 12 грудных, 5 поясничных, 5 крестцовых, 3–5 копчиковый.

В спинном мозге имеются шейное и поясничное утолщения, сформированные скоплениями нейронов, образующих нервы, идущие к конечностям.

## Какие функции выполняет спинной мозг?

Он осуществляет относительно простые двигательные реакции тела. В этом выражается его *рефлекто́рная фу́нкция*. В сером веществе замыкаются рефлекторные дуги большинства двигательных рефлексов.

Помимо коленного рефлекса, о котором вы уже знаете, замыкаются рефлекторные дуги ахиллова и подошвенного рефлексов, сгибательного рефлекса предплечья (рис. 11.3) и ряда других. Проверка этих рефлексов врачами имеет важное значение для диагностики заболеваний нервной системы.

? Выясните, почему один из рефлексов назван в честь мифологического древнегреческого героя Ахилла.



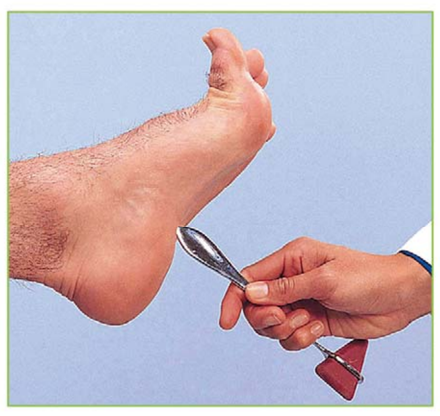



**Рис. 11.3.** Рефлексы спинного мозга

Спинной мозг регулирует тонус, напряжение скелетной мускулатуры туловища и конечностей. В нём также расположены центры вегетативной нервной системы, отвечающие за мочеиспускание, дефекацию (выделение каловых масс), рефлексы половых органов, деятельность сердца, регуляцию просвета сосудов, работу органов дыхания.

*Проводнико́вая фу́нкция* спинного мозга заключается в том, что импульсы от рецепторов, поступающие через задние корешки, передаются по восходящим путям к вышележащим отделам и к головному мозгу.

Из вышележащих отделов ЦНС спинной мозг получает сигналы, которые влияют на деятельность скелетной мускулатуры и внутренних органов.

### Связан ли спинной мозг с другими отделами центральной нервной системы?

Спинной мозг работает под контролем головного мозга. Импульсы, поступающие по нисходящим путям, запускают деятельность двигательных центров, поддерживающих мышечный тонус, обеспечивают произвольные, или волевые, движения.

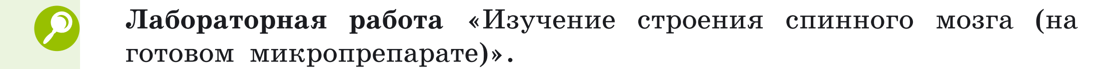
При повреждении позвоночника часто нарушается связь между головным и спинным мозгом — наступает *парали́ч*. При этом рефлекторная деятельность спинного мозга прекращается, становятся невозможными любые движения. В зависимости от места повреждения такие люди могут поворачивать голову, совершать жевательные движения, изменять направление взгляда, иногда у них действуют руки, нижняя же часть их тела совершенно лишена чувствительности и подвижности, хотя сохраняет немногие самые простые спинномозговые рефлексы. Все спинномозговые рефлексы врождённые. Они наследуются потомством от родителей и сохраняются у людей со здоровой нервной системой в течение всей жизни.



Спинной мозг. Твёрдая оболочка. Паутинная оболочка. Мягкая оболочка. Центральный канал. Передние рога. Задние рога. Боковые рога. Передние и задние корешки. Рефлекторная функция. Проводниковая функция. Паралич.

### Вопросы и задания

**1.** Каково строение спинного мозга? **2.** Что общего между спинномозговыми рефлексами, приведёнными в тексте? **3.** Какое значение имеет взаимодействие процессов возбуждения и торможения в осуществлении спинномозговых рефлексов? **4.** Что представляют собой спинномозговые нервы и почему они являются смешанными?



**Лабораторная работа** «Изучение строения спинного мозга (на готовом микропрепарате)».

## § 12. Общая организация головного мозга



Человек не обладает самым большим *головны́м мо́згом* среди позвоночных. Так, его абсолютная масса значительно больше у слонов и крупных китообразных, а относительная — у мелких птиц. Однако именно его развитие сделало человека уникальным видом на Земле.

## Как устроен головной мозг?

Через затылочное отверстие черепа спинной мозг сообщается с головным мозгом, расположенным в черепной коробке и покрытым, как и спинной мозг, тремя оболочками. Масса головного мозга взрослого человека составляет в среднем 1400 г. Однако эта величина в течение жизни не является неизменной (рис. 12.1).

Анатомически в головном мозге выделяют отделы (рис. 12.2): задний (продолговатый мозг, мост, мозжечок), средний, передний (промежуточный и конечный мозг).

Наиболее развит конечный мозг, представленный большими полушариями и корой головного мозга. Под ним располагаются промежуточный, средний и продолговатый мозг. Вместе они составляют *ствол мо́зга*. Сзади к мосту мозга прилегает мозжечок (см. рис. 12.2).

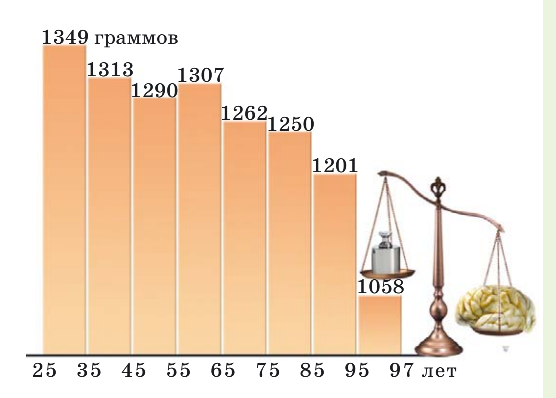



**Рис. 12.1.** Изменение массы головного мозга в зависимости от возраста

Головной мозг, как и спинной, состоит из белого и серого вещества.

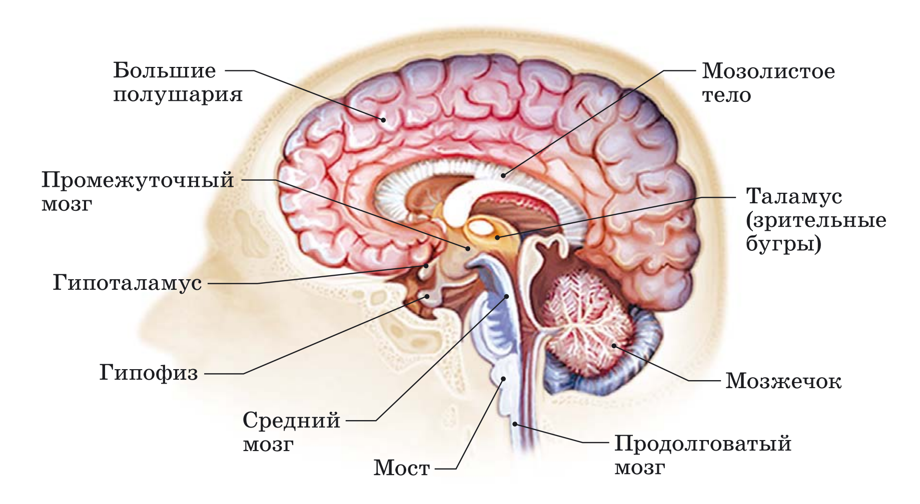



**Рис. 12.2.** Отделы головного мозга

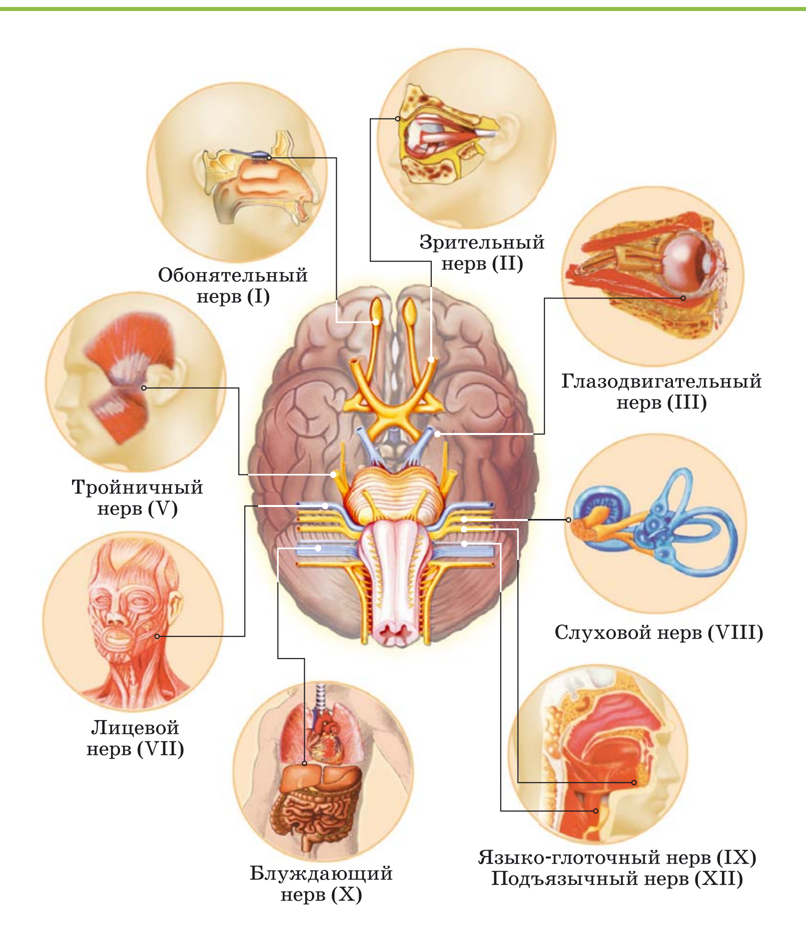



**Рис. 12.3.** Основные черепные нервы

Белое вещество представлено длинными нервными волокнами нисходящих и восходящих путей. Нисходящие пути идут от коры больших полушарий и ствола к двигательным и вставочным нейронам спинного мозга. Восходящие пути — чувствительные, проводят возбуждение в обратном направлении.

Серое вещество, за исключением коры больших полушарий и мозжечка, состоит из скоплений тел нейронов — ядер, расположенных в толще белого вещества.

Внутри головного мозга имеются резервуары — объёмные желудочки и узкие каналы, наполненные спинномозговой жидкостью, которая связана с жидкостью центрального канала спинного мозга.

Питание нейронов мозга довольно сложно. Питательные вещества из кровеносных капилляров попадают в спинномозговую жидкость, оттуда в клетки нейроглии и далее — в нейроны. Так же попадает в нервную клетку кислород, лекарства.

От головного мозга отходят 12 пар черепно-мозговых, или черепных, нервов (рис. 12.3), которые в анатомических атласах обозначают римскими цифрами. Все, кроме обонятельного (I), начинаются или заканчивается в ядрах ствола мозга. Различают чувствительные, например обонятельные (I) и зрительные (II); двигательные — глазодвигательные (III) и смешанные — блуждающие (X) нервы.

## Что представляет собой задний отдел мозга?

*Продолгова́тый мозг* является продолжением спинного. Его длина составляет около 25 мм, а форма напоминает усечённый конус. В сером веществе его расположены жизненно важные рефлекторные центры дыхания, регуляции деятельности сердца и сосудов. Чтобы убедиться в этом, сделайте два-три быстрых и глубоких вдоха и выдоха. Что произошло в результате?

Повреждение продолговатого мозга приводит к прекращению дыхания и остановке сердца.

Работа пищеварительной системы, например слюноотделение, сосание, жевание, глотание, выделения слёзных и потовых желёз также невозможны без сигналов, поступающих из нервных центров этого отдела. Продолговатый мозг участвует в поддержании тонуса мышц тела, сохранении и изменении позы, движениях головы и языка и в защитных рефлексах — кашле, чихании, рвоте.

*Мост* в виде утолщённого валика располагается выше продолговатого мозга. Его нервные клетки также образуют скопления, а функции связаны с ядрами четырёх пар черепных нервов. В нём расположены чувствительные ядра органов слуха и равновесия, а также центры жевательных и мимических мышц. При блокировке моста тонус мышц резко повышается до такой степени, что конечности невозможно согнуть даже силой.

## В чём особенность строения мозжечка?

*Мозжечо́к* расположен позади моста и продолговатого мозга. Нервные пути связывают его с большими полушариями, спинным и средним мозгом. Его ещё называют малым мозгом, так как он состоит из правого и левого полушарий, испещрённых многочисленными неглубокими бороздами, между которыми находятся мелкие

извилины. Серое вещество, как и у больших полушарий головного мозга, расположено поверхностно, образуя кору мозжечка.

Мозжечок оказывает влияние на различные двигательные и вегетативные функции. Он вносит в каждый момент двигательного акта необходимые поправки, обеспечивает точность, ловкость и координацию, согласованность движений.

Участие мозжечка в этих процессах станет понятнее, если вы сделаете следующее самонаблюдение. Закройте глаза, вытяните правую руку и указательным пальцем коснитесь кончика носа.

При нарушениях в работе мозжечка или химическом воздействии, например алкоголем, уменьшается сила сокращений мышц, возникает утомляемость, снижается точность движений, которые становятся несоразмерными и дрожащими. Нарушения, наступающие при повреждениях мозжечка, могут быть частично компенсированы корой больших полушарий.

## Какие функции выполняет средний мозг?

*Сре́дний мозг* расположен над мостом. Как и продолговатый мозг, он осуществляет проводниковую и рефлекторную функции. Через него проходят пути, идущие от органов чувств к коре больших полушарий. Средний мозг обеспечивает настройку органов чувств на лучшее восприятие предметов.

Оторвитесь от текста, посмотрите вдаль, а затем быстро переведите взгляд на текст параграфа. Что вы увидели в первое мгновение?

Средний мозг является центром ориентировочных рефлексов на зрительные и слуховые раздражители, выражающихся в движениях глаз, поворотах головы и тела.

К рефлексам этой группы относят так называемые *старт-рефле́ксы*. Если на организм воздействуют внезапные, сильные, а тем более угрожающие жизни раздражители, наблюдается резкое движение от предмета, вызвавшего раздражение. При постройке административных зданий учитывают проявление старт-рефлексов. В них двери открываются наружу, чтобы в момент опасности, люди могли легко выйти из помещения.

После изучения параграфа проверьте, правильно ли открываются двери в вашей школе.

Средний мозг регулирует тонкие движения пальцев рук, мышечный тонус, благодаря ему поддерживается равновесие тела при ходьбе и беге.

Вспомните езду в общественном транспорте по неровной дороге. Чтобы сохранить устойчивость, приходится изменять положение тела. Это делается бессознательно при участии среднего мозга.

## Какие области различают в промежуточном мозге?

Расположенный выше среднего мозга промежуточный мозг покрыт большими полушариями. Многие анатомы продолжают считать его частью ствола. Наиболее выделяются по объёму и функциональному значению центральная область — *тала́мус* и нижняя — *гипотала́мус*.

*Тала́мус* (от греч. *таламус* — комната) — парное образование. Серое вещество представлено связанными между собой ядрами. К ним поступает информация от большинства рецепторов органов чувств, за исключением обонятельных. Там она обрабатывается, отбирается и сопоставляется. Наиболее значимая информация направляется в кору больших полушарий.

*Гипотала́мус* находится книзу от таламуса и насчитывает большое число ядер. Нервными путями он связан с таламусом, корой больших полушарий, отделами ствола мозга и железой внутренней секреции — гипофизом.

Среди нейронов гипоталамуса есть и секреторные клетки, вырабатывающие особые вещества — *нейрогормо́ны*, которые через кровь влияют на деятельность центральной железы внутренней секреции — *гипо́физа* (от лат. *гипофизис* — отросток).

Общим кровотоком гипоталамус и гипофиз объединены в *гипотала́мо-гипофиза́рную систе́му*, в которой гипоталамус — связующее звено в едином механизме нервно-эндокринной регуляции.

Деятельность гипоталамуса, в свою очередь, контролируется корой больших полушарий и другими отделами центральной нервной системы. Нервные центры гипоталамуса регулируют температуру тела, водный, солевой, белковый, углеводный виды обмена веществ.

Гипоталамус участвует во многих сложных поведенческих реакциях — половых, пищевых, ориентировочных и оборонительных. Голод, жажда, половое влечение, положительные и отрицательные эмоциональные проявления обусловлены деятельностью гипоталамуса. Участвует он и в регуляции сна и бодрствования.



Головной мозг. Задний мозг. Средний мозг. Передний мозг. Ствол мозга. Продолговатый мозг. Мост. Мозжечок. Стартрефлекс. Таламус. Гипоталамус. Нейрогормоны. Гипофиз. Гипоталамо-гипофизарная система.



## Вопросы и задания

**1.** Почему при повреждении продолговатого мозга наступает мгновенная смерть? **2.** Что представляет собой белое вещество ствола головного мозга и каково его назначение? **3.** Почему о состоянии головного мозга можно судить по характеру спинномозговой жидкости? **4.** Приведите примеры, демонстрирующие тонкое взаимодействие мозжечка и среднего мозга. **5.** В чём особенность функционирования промежуточного мозга?

# § 13. Большие полушария и их асимметрия



Наиболее заметной особенностью мозга человека является развитая кора полушарий головного мозга.

## Каковы особенности строения больших полушарий головного мозга человека?

*Больши́е полуша́рия* — самый крупный отдел головного мозга. У взрослого человека их масса составляет более 80% массы всего головного мозга. Глубокой продольной бороздой они разделены на два симметричных полушария — правое и левое. В глубине этой борозды находится *мозо́листое те́ло* — перемычка из белого вещества, связывающая симметричные области обоих полушарий.

*Кору́ больши́х полуша́рий* (рис. 13.1) образуют слои серого вещества. Только в коре сконцентрировано около 15 млрд клеток нейронов, расположенных в шесть слоёв. Если учесть, что каждая из них имеет до 10 тыс. связей с соседними нейронами, общее число создаваемых ими контактов не поддаётся числовому выражению. Толщина коры в различных участках колеблется от 1,3 до 5 мм, а общая её поверхность у взрослого человека занимает примерно 2200 см$^2$.

Складчатая поверхность полушарий, похожая на грецкий орех, образована выпуклостями — *изви́линами*, которые отделены друг от друга углублениями — *бо́роздами*. Они увеличивают поверхность коры при относительно малом её объёме, а значит, позволяют вместить большее число составляющих её нейронов.

Три главных борозды — центральная, боковая и теменно-затылочная — разделяют каждое полушарие на доли: *ло́бную*, *висо́чные, теменны́е* и *заты́лочную* (см. рис. 13.1). Они примыкают к костям черепа, которые носят такие же названия.

Большое количество волокон выходят за пределы полушарий, образуя проводящие пути, по которым осуществляется двусторон-

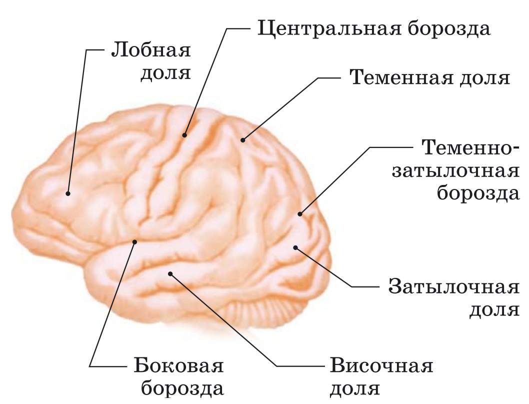



**Рис. 13.1.** Кора больших полушарий

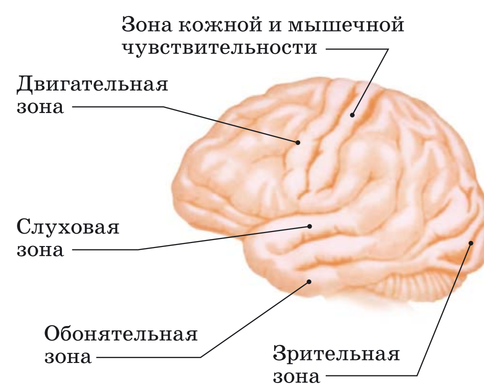



**Рис. 13.2.** Основные зоны коры больших полушарий

няя связь коры с нижележащими отделами центральной нервной системы. Скопления серого вещества находятся и в глубине полушарий — там расположены различные подкорковые ядра.

## Каковы функции больших полушарий?

По своему строению большие полушария — наиболее сложная часть головного мозга, а по значению — наиболее важная. Это высший отдел центральной нервной системы.

В коре различают отдельные зоны (рис. 13.2), связанные с определёнными функциями, которые объединяют в двигательные (моторные), чувствительные (сенсорные), ассоциативные зоны.

*Дви́гательные*, или *мото́рные*, зоны расположены в лобных долях, ближе к центральной борозде, отвечают за произвольную деятельность противоположных сторон тела.

*Чувстви́тельные*, или *се́нсорные*, зоны, ответственные за восприятие световых раздражений, расположены в затылочной доле. В теменных долях находятся чувствительные зоны, принимающие информацию от рецепторов кожи, суставов и мышц, а в височных долях — слуховые.

В каждое полушарие эти сигналы поступают с противоположной стороны тела: в правое — с левой, в левое — с правой.

*Ассоциати́вные зо́ны* расположены рядом с сенсорными. Они очень хорошо развиты только у человека.

В одной и той же ассоциативной зоне возбуждение может возникнуть при поступлении сигналов от разных рецепторов.

Лобные доли коры, помимо произвольных движений, ответственны за составление программ поведения, мышление и управление трудовой деятельностью. С развитием лобных долей коры в значительной мере связан высокий уровень интеллекта человека по сравнению с животными.

В человеческом мозге имеются структуры, которых нет у животных, например речевые центры, расположенные в различных участках коры. Кроме того, у человека существует специализация полушарий — *функциона́льная асимме́трия мо́зга*: многие высшие функции выполняются с преимущественным участием одного из них.

## Что такое функциональная асимметрия мозга?

Правое и левое полушария мозга, хотя внешне и похожи, выполняют различные мозговые операции, т. е. в функциональном отношении они асимметричны.

Определить асимметрию мозга можно самым простым методом, сравнив деятельность левой и правой рук. Люди, которые пишут правой рукой, относятся к правшам и, разумеется, к левополушарной категории. У левшей всё наоборот. Однако есть люди, которые одинаково проворно владеют обеими руками.

У правшей в левом полушарии находятся центры, воспринимающие и воспроизводящие речь. Левое полушарие ответственно за логические операции и абстрактное мышление.

Правое полушарие в большей степени связано с образным восприятием, формированием личностного эмоционального отношения к себе, к другим людям и предметам. Оно играет ведущую роль в узнавании предметов, ответственно за художественное творчество. Чем больше творческих способностей проявляет человек, тем сильнее развито его правое полушарие и левая рука.

Левши часто вспыльчивы, эмоционально несдержанны, плохо контролируют себя. Следует знать, что переучивание левши может нанести ребёнку душевную травму на всю жизнь.

Исследования указывают на то, что женщины склонны к леворукости. У них сильно развита интуиция, которую связывают с правым полушарием. Однако слабее пространственная ориентация, логика, воля, самоконтроль. Среди женщин много тонких исполнителей, но мало композиторов, художников. В психологическом плане мужчины и женщины — совершенно различные индивиды. Но всё же целостная деятельность мозга человека протекает при одновременном участии обоих полушарий, каждого со своими особенностями.

Большие полушария. Мозолистое тело. Кора больших полушарий. Извилина. Борозда. Лобная доля. Височные доли. Теменные доли. Затылочная доля. Двигательная (моторная) зона. Чувствительная (сенсорная) зона. Ассоциативная зона. Функциональная асимметрия мозга.



### Вопросы и задания

**1.** Что представляет собой кора больших полушарий? **2.** Какая связь существует между зонами в коре больших полушарий? **3.** Чем борозды отличаются от извилин? **4.** Как распределяется серое и белое вещество в больших полушариях? **5.** В каком полушарии и какой доле произошло повреждение, если правая рука оказалась неподвижной? **6.** Как распределяются функции между правым и левым полушариями?



**Лабораторная работа** «Изучение строения головного мозга человека (на муляже)».

## § 14. Вегетативная нервная система



Большинство рефлексов, с которыми вы познакомились в предыдущих параграфах, — это двигательные реакции организма на различные внешние раздражения. Таковы, например, рефлексы, нервные центры которых расположены в спинном мозге. Изучая дальше строение человека, вы встретитесь и с рефлексами другого рода. Среди них отметим слюноотделительные рефлексы, нервную регуляцию деятельности сердца, величины просвета кровеносных сосудов, отделение пота и ряд других. Как правило, подобные реакции не могут быть усилены или заторможены по воле человека. Такие рефлексы осуществляются через отдел нервной системы, названный *вегетати́вной не́рвной систе́мой*. О ней упоминалось в § 8.

### В чём особенности вегетативной нервной системы?

Нервы вегетативной нервной системы отличаются от нервов соматической нервной системы.

Вы помните, что возбуждение, вызывающее сокращение скелетных мышц, приходит по длинным отросткам двигательных нейронов, тела которых лежат в сером веществе спинного мозга и ствола головного мозга.

Вегетативные нервы имеют иное строение (рис. 14.1). Возбуждение, приводящееся по ним от центральной нервной системы к органам, последовательно проходит через два расположенных друг за другом нейрона. Тела первых нейронов находятся в

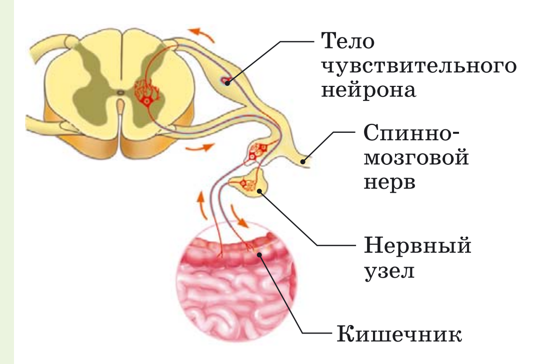



**Рис. 14.1.** Рефлекторная дуга вегетативного рефлекса

центральной нервной системе. Возбуждение переходит с первых нейронов на вторые, расположенные в нервных узлах. Сами узлы расположены вне центральной нервной системы. На пути любого вегетативного нерва находится нервный узел. По вегетативным нервам возбуждение проводится медленнее, чем по другим периферическим нервам.

## Какие функции выполняет вегетативная нервная система?

Вегетативная нервная система, являясь частью единой нервной системы, регулирует кровообращение, дыхание, пищеварение, выделение, обмен веществ, а также согласует деятельность всех внутренних органов, приспосабливая их к общим нуждам организма. К. Бернар за непроизвольность её функций, т. е. невозможность сознательно управлять вегетативными процессами, дал второе название этой системе — *автоно́мная*. И в самом деле, во время физической или умственной деятельности человек не только не сознаёт, но и не задумывается, как движется кровь, переваривается пища и т. п. Казалось бы, вегетативные функции контролируются автоматически, а мозг сосредоточен на восприятии и биологической оценке внешних сигналов, выработке программ поведения и их реализации. Между тем автономность эта относительна: в управлении внутренними органами участвует мозжечок, гипоталамус промежуточного мозга и лобная доля коры больших полушарий, которые согласуют и объединяют соматические и вегетативные функции.

Центры вегетативной нервной системы не только обеспечивают возможность координированной работы внутренних органов, но и сами способны их инициировать, вызывая эмоции удовольствия, ярости, страха, чувства голода и др.

В вегетативной нервной системе выделяют два отдела — *симпати́ческий* и *парасимпати́ческий* (рис. 14.2), а в каждом из них центральную и периферическую части.

## Каковы отличительные свойства симпатического отдела?

Центральные симпатические нейроны компактно расположены в боковых рогах грудных сегментов спинного мозга. Отходящие

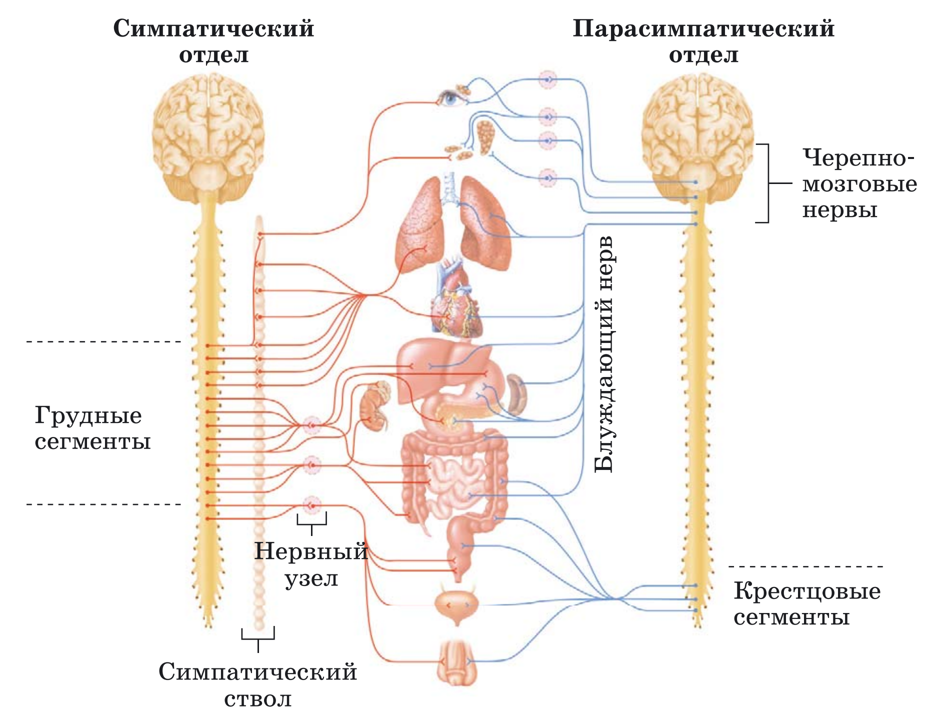



**Рис. 14.2.** Вегетативная нервная система

от них короткие нервные волокна заканчиваются за пределами спинного мозга в нервных узлах, которые расположены в виде цепочек, тянущихся по обе стороны позвоночного столба. От симпатических стволов берут начало другие, более длинные нервные волокна, которые подходят ко всем внутренним органам, коже, кровеносным сосудам, потовым железам и органам чувств.



Проведите с нажимом по коже тыльной стороны кисти каким-нибудь тупым предметом. Что появится в этот момент на этом месте? Почему это произошло?

Симпатический отдел называют «системой аварийных ситуаций», так как он возбуждается в тех случаях, когда организм нуждается в активной деятельности. Под влиянием симпатической регуляции учащаются и усиливаются сокращения сердца, повышается кровяное давление, суживаются кожные сосуды и человек бледнеет, расширяются зрачки, обостряется чувствительность, увеличивается содержание сахара в крови. В то же время под действием симпатических нервов тормозится половая функция и деятельность пищеварительной системы.

Очевидно, что это система тревоги, защиты и мобилизации, её функция заключается в адаптации организма к условиям деятельности. Симпатические возбуждения определяют эмоциональное состояние, рассматриваемое как напряжение — стресс. Эти возбуждения запускают нервные и гормональные реакции стресса, вовлекая многие системы органов, механизмы регуляции температуры, иммунитет.

## В чём особенности парасимпатического отдела?

Если закрыть глаза и аккуратно надавить на глазные яблоки большим и указательным пальцами, можно уменьшить число сердечных сокращений и незначительно понизить артериальное давление крови. При нажатии произойдёт возбуждение нервных центров парасимпатической нервной системы. Центры отдела представлены ядрами, находящимися в разных участках ствола головного мозга и крестцовых сегментах спинного мозга.

Самый крупный из них — центр блуждающего нерва, который находится в продолговатом мозге. От него отходят длинные, парные *блужда́ющие не́рвы*, волокна которых направлены к большинству органов, расположенных в грудной и брюшной полостях. От парасимпатических нейронов крестцовых сегментов спинного мозга длинные нервные волокна направляются к толстой кишке, мочевому пузырю, т. е. к органам, которые расположены в полости таза, а также к половым органам.

Периферические нервные узлы парасимпатической системы располагаются в непосредственной близости от органов или в них самих. От каждого такого узла далее отходят короткие и сильно ветвящиеся нервы, заканчивающиеся в различных частях этих органов.

По своим функциям парасимпатическая система — это «система отбоя». Она возвращает деятельность сердца в состояние покоя, снижает давление крови в сосудах, интенсивность обмена веществ и содержание сахара в крови. Под её влиянием дыхание становится более редким и одновременно повышается активность пищеварительной и половой систем.

Парасимпатическая система осуществляет постоянную текущую регуляцию отдельных функций, направленную на возвращение к норме, т. е. сохранение гомеостаза.



Вегетативная (автономная) нервная система. Симпатический отдел. Парасимпатический отдел. Блуждающие нервы.



## Вопросы и задания

**1.** В чём особенность организации вегетативной нервной системы? **2.** Какие особенности строения характерны для парасимпатического отдела вегетативной нервной системы в отличие от симпатического? **3.** Какая часть вегетативной нервной системы более активна во время занятия физической культурой — симпатическая или парасимпатическая? Почему? **4.** Как можно объяснить тот факт, что у человека в период активной деятельности выполнение функции пищеварения тормозится со стороны симпатической нервной системы? **5.** В чём проявляется совместная деятельность соматической и вегетативной нервной системы?

# § 15. Гуморальная регуляция функций



Русский писатель М. Горький писал, что «наука открыла в организме человека несколько ранее неизвестных желёз, вырабатывающих эти соки — „гормоны“, создала глубоко важное учение о „внутренней секреции“».

## По каким признакам различают железы?

Многие физиологические функции нашего организма регулируются с помощью химически активных веществ, вырабатываемых железами. *Же́лезы* — специализированные органы или группы клеток, синтезирующие и выделяющие специфические вещества — *секре́ты*. В зависимости от способа вывода секрета различают железы внешней, внутренней, двойной, или смешанной, секреции (рис. 15.1).

В отличие от желёз внешней секреции — пищеварительных, молочных, потовых, которые выводят образующиеся в них секреты (слюну, желудочный сок, пот и др.) по специальным протокам на поверхность тела или во внутреннюю полость (например, желудок), железы внутренней секреции протоков не имеют и

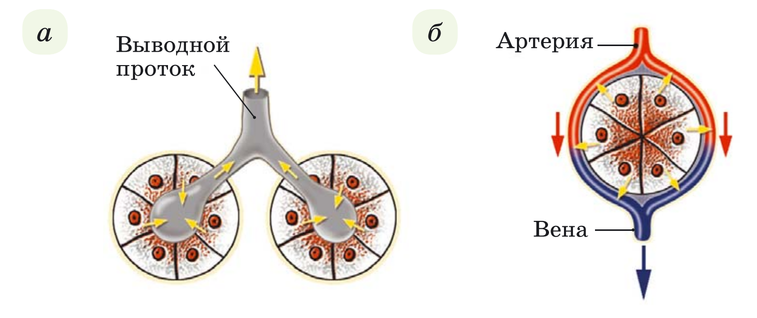



**Рис. 15.1.** Строение желёз внешней (*а*) и внутренней (*б*) секреции

выделяют свой секрет в кровь. По сосудам кровеносной системы секрет доставляется к *о́ргану-мише́ни*, т. е. органу, реагирующему на данное химическое вещество.

Регуляция, осуществляющаяся посредством синтезируемых в организме биологически активных веществ, получила название *гумора́льной* (от лат. *гумор* — жидкость), а железы, выделяющие в кровь секреты, — *эндокри́нных* (от греч. *эндо* — внутри, *крино* — отделяю) *желёз*, или *желёз вну́тренней секре́ции*.

## Чем гуморальная регуляция отличается от нервной?

Для гуморальной регуляции характерен ряд особенностей. Во-первых, природа самого сигнала. В гуморальной регуляции это химическое вещество. Во-вторых, отсутствие точного адресата, по которому направляется химическое вещество, поступающее в кровь из железы. Транспортируясь по кровеносным сосудам, химические вещества оказывают влияние на все органы и ткани организма. В-третьих, это некоторая задержка в действии на тот или иной орган. Но при этом такое действие может быть достаточно продолжительным, например в течение 1–2 ч.

## Что такое гормоны?

Секреты эндокринных желёз называют гормонами. В настоящее время насчитывают около 60 гормонов и веществ с гормональным действием, которые относят к различным классам химических соединений — белкам, производным аминокислот и жиров. Однако размеры их молекул сравнительно небольшие, что обеспечивает лёгкое выделение клетками, в которых гормоны были синтезированы, и проникновение через стенки кровеносных капилляров в ткани.

Гормоны обладают высокой физиологической активностью, для получения эффекта достаточно весьма малого их количества. Например, женского полового гормона содержится в крови 0,6 мкг (менее одной миллионной грамма!) на 100 мл. Однако гормоны сравнительно быстро разрушаются, поэтому необходимо их устойчивое поступление в кровь. Только в этом случае возможно поддержание их постоянной концентрации. Изменение или нарушение функций желёз внутренней секреции приводит к серьёзным заболеваниям.

В отличие от ферментов гормоны влияют не на какой-либо один процесс, а на целый комплекс. Так, половые гормоны опре-

деляют формирование мужского и женского типа телосложения, другие гормоны влияют на размеры тела, энергетический обмен, интенсивность жизненно важных функций.

Гормоны обладают специфичностью действия. Каждый гормон действует только на определённые органы, ткани и отдельные клетки-мишени.

В значительной степени гормоны влияют на поведение и приспособительные реакции человека к изменяющимся условиям окружающей среды.

В большинстве случаев гормоны действуют совместно, и для оптимального роста и развития организма требуется очень тонкое взаимодействие большого числа гормонов различных желёз.

## Как действует гормон на клетки-мишени?

Различают мембранный и ядерный механизмы действия (рис. 15.2). Мембранный механизм характерен для гормонов белковой природы. Эти гормоны имеют крупные молекулы и проникнуть в клетку самостоятельно не могут. Они воздействуют на особые рецепторы, расположенные на поверхности мембраны, и те, в свою очередь, запускают синтез необходимых белков в клетке. Так действует, например, гормон инсулин. Ядерный механизм действия характерен для гормонов с небольшими моле-

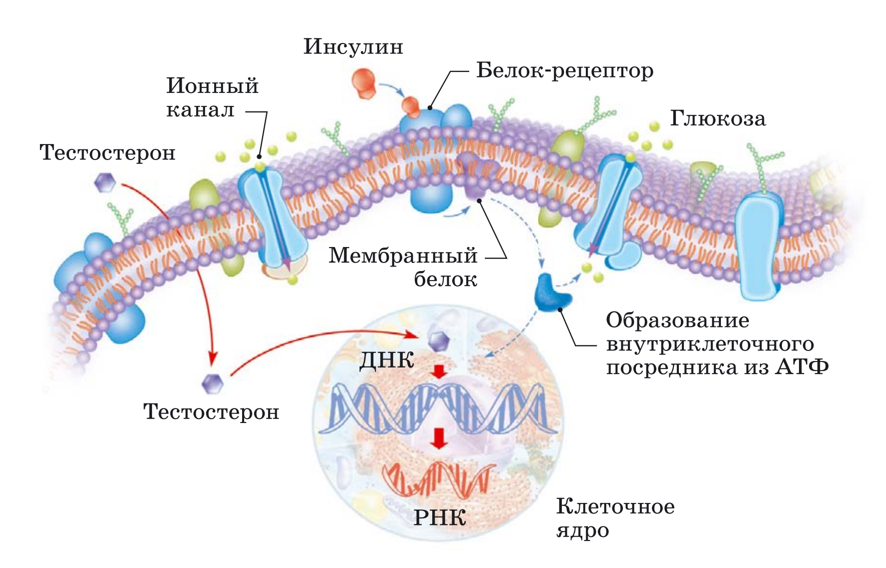



**Рис. 15.2.** Мембранный и ядерный механизмы действия гормонов

кулами. В этом случае гормон проникает внутрь клетки и сам, непосредственно воздействуя на молекулы ДНК, запускает или прекращает синтез необходимого белка. Так действует, например, гормон тестостерон.

## Что представляет собой эндокринная система?

*Эндокри́нная систе́ма* — совокупность желёз внутренней секреции, согласованная деятельность которых обеспечивает совместно с нервной системой регуляцию всех жизненно важных функций организма. Эндокринные железы, образующие эту систему в организме человека, невелики по размерам, так, их общая масса не превышает 100 г. Они обильно снабжены кровеносными и лимфатическими сосудами.

Железы внутренней секреции расположены в различных частях тела (рис. 15.3): в головном мозге — гипофиз и эпифиз; в области гортани — щитовидная и паращитовидные железы; в брюшной полости — поджелудочная железа и надпочечники; в полости малого таза — яичники, а в мошонке — яички.

Некоторые из желёз, например яичники, семенники, поджелудочная железа, являются железами смешанной секреции.

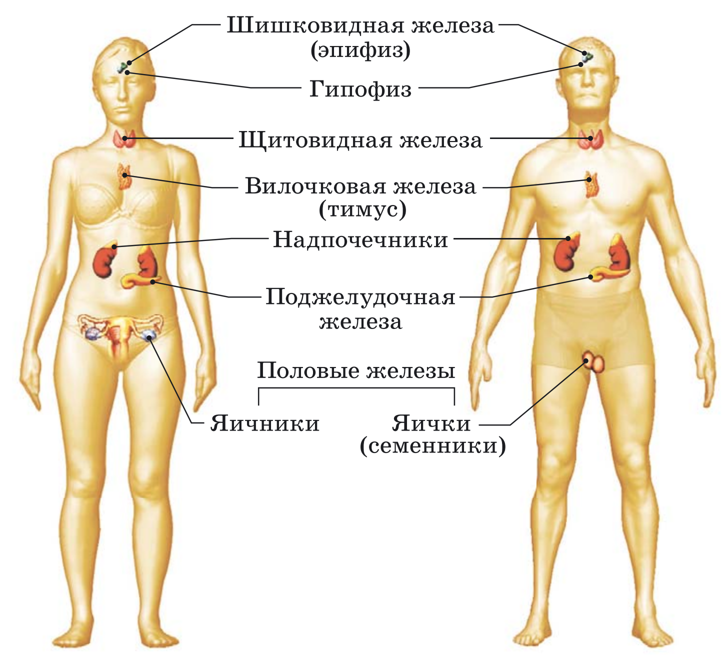



**Рис. 15.3.** Железы внутренней секреции

Половые железы вырабатывают не только половые гормоны, но и яйцеклетки и сперматозоиды, а поджелудочная железа, помимо гормонов, выделяет богатый ферментами пищеварительный сок, который через протоки поступает в кишечник.

## Какие ещё структуры организма обладают сходными функциями?

Внутренней секрецией обладают не только эндокринные железы, но и отдельные группы клеток, не объединённые структурно в самостоятельные органы.

Так, некоторым нейронам гипоталамуса промежуточного мозга, о котором мы говорили ранее, присуща особая нейросекреция — они вырабатывают и выделяют *нейрогормо́ны*. В слизистой оболочке пищеварительного канала находится множество эндокринных клеток, секретирующих десятки гормонов. В печени, почках имеются группы клеток, синтезирующие и выделяющие в кровь вещества, которые регулируют тонус стенок сосудов и другие важные функции. Временными эндокринными железами женского организма являются жёлтое тело, образующееся в яичнике после созревания яйцеклетки, и плацента, обладающая активной гормонообразовательной функцией.

Уровень гормонов в крови контролируется механизмом отрицательной обратной связи. Это помогает сохранять равновесие: если уровень гормонов в крови падает, его выработка усиливается; если его уровень высок, его производится меньше. Некоторые болезни, о которых будет рассказано далее, могут приводить к гиперсекреции (слишком большой выработке гормонов) или гипосекреции (недостаточной выработке гормонов).



Железы. Секреты. Орган-мишень. Гуморальная регуляция. Эндокринная железа (железа внутренней секреции). Гормоны. Эндокринная система. Нейрогормоны.

## Вопросы и задания



**1.** Почему эндокринные железы называют маленькими органами большого значения? **2.** В чём особенность гуморальной регуляции? **3.** В чём сходство и в чём различие желёз внешней и внутренней секреции? **4.** Какие свойства характерны для гормонов? **5.** Что такое нейрогормоны и где они образуются? **6.** Как принцип обратной связи реализуется в эндокринной регуляции?

# § 16. Железы, расположенные в области черепа, шеи и груди

В толковом словаре слово «дирижёр» означает «руководитель разучивания и исполнения ансамблевой музыки». Именно дирижёру принадлежит художественная трактовка произведения, он же призван обеспечить стройность и техническое совершенство исполнения.

## Почему гипофиз называют «дирижёром оркестра гормонов»?

В гуморальной регуляции функций внутренних органов принимают участие и некоторые отделы нервной системы. Главные из них гипоталамус — особый отдел промежуточного мозга (см. § 12) и гипофиз — нижний мозговой придаток, расположенный на нижней поверхности головного мозга и являющийся типичной железой внутренней секреции.

*Гипо́физ* — одиночная железа бобовидной формы, массой около 1 г. Состоит из двух долей, различающихся по строению и функционирующих независимо друг от друга. По существу, это две, но вместе расположенные железы (рис. 16.1).

В задней доле гипофиза содержатся два гормона, которые вырабатываются гипоталамусом и по аксонам его нейронов транспортируются непосредственно в гипофиз, где и накапливаются.

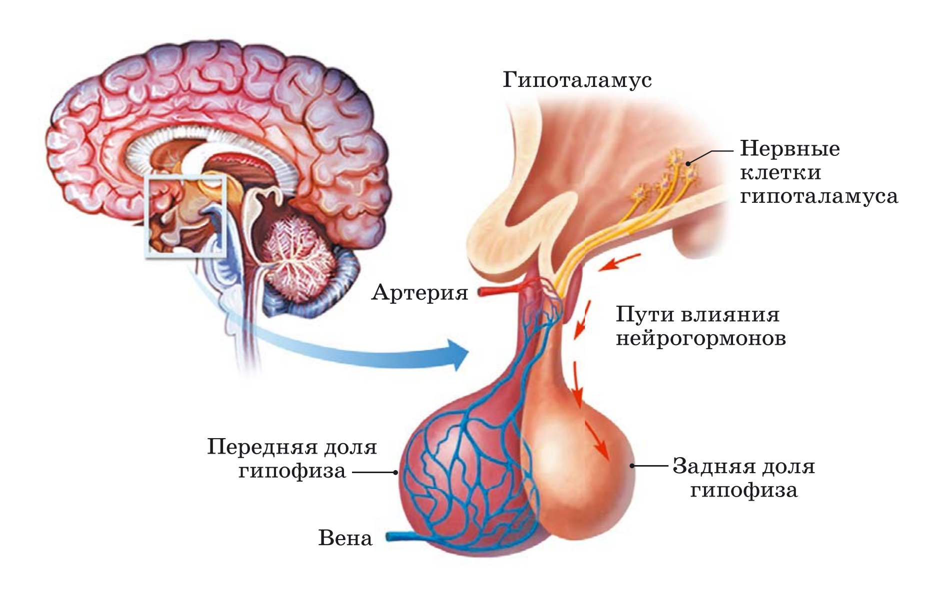



**Рис. 16.1.** Гипофиз

Один из них избирательно влияет на сокращения гладкой мускулатуры матки и секрецию молочных желёз. Другой задерживает выведение мочи и повышает кровяное давление. При уменьшении количества этого гормона мочевыделение возрастает до 10–20 л в сутки. Эту болезнь называют *неса́харным диабе́том* (от греч. *диабетес* — прохожу).



Гном. *Дж. Черути*

Передняя доля гипофиза занимает три четверти его объёма. В нём образуется несколько гормонов, мишенями которых служат все другие эндокринные железы. Таким образом, гормоны передней доли регулируют деятельность других желёз внутренней секреции.

Например, гормон роста — *соматотропи́н* стимулирует образование белка и деление клеток костной ткани, что способствует увеличению размеров тела. *Гиперфу́нкция* (от греч. *гипер* — сверх, над), или избыточная секреция гормона, вызывает *giganti´зм*. Когда функция гипофиза усиливается в зрелом возрасте, разрастаются отдельные части тела, уродливо утолщаются руки, ноги, непомерно увеличивается нос, нижняя челюсть, язык. *Гипофу́нкция* (от греч. *гипо* — под, внизу) передней доли гипофиза приводит к задержке роста и *гипофиза́рной ка́рликовости*.

Карлики сохраняют нормальные пропорции тела и психическую деятельность, но заметно отличаются малым ростом (см. картину Дж. Черути «Гном»).

Промежуточная зона гипофиза секретирует гормон, регулирующий синтез пигмента меланина, который придаёт окраску коже. Для синтеза меланина также необходимо действие ультрафиолетовых лучей.

## Что представляет собой гипоталамо-гипофизарная система?

Как вы уже знаете, гипоталамус и гипофиз тесно связаны между собой, образуя единую гипоталамо-гипофизарную систему. Она обеспечивает постоянство состава крови и необходимый уровень обмена веществ. Гипоталамус регулирует функции гипофиза, который, в свою очередь, управляет деятельностью всех остальных желёз внутренней секреции (см. рис. 16.1).

В работе этой системы заложен принцип обратной связи. Когда какая-нибудь железа начинает выделять слишком много или,

наоборот, чересчур мало гормонов, гипоталамус фиксирует это отклонение от нормы и сигнализирует об этом в гипофиз. Последний, в свою очередь, выделяет гормоны, оказывающие воздействие на соответствующую железу. Влияние гипоталамуса на гипофиз осуществляется по двум путям. Гипоталамус вырабатывает нейрогормоны, которые по специальным сосудам попадают в переднюю долю гипофиза. Воздействие на его заднюю долю осуществляется по специальным нервным волокнам.

Гипоталамо-гипофизарная система — пример тесного взаимодействия нервной и гуморальной регуляции организма человека.

Вторым выростом промежуточного мозга является *эпи́физ*, или *шишкови́дная железа́*, так называемый верхний мозговой придаток. С функциями эпифиза связаны реакции организма на смену дня и ночи, т. е. чередование сна и бодрствования. Вырабатываемый гормон *мелатони́н* выделяется в кровь, сигнализируя всем клеткам организма, что наступила ночь. Рецепторы к этому гормону обнаружены практически во всех органах и тканях.

Самой крупной из органов внутренней секреции является *щитови́дная железа́*, расположенная в области шеи. Железа состоит из двух соединённых узким перешейком долей (рис. 16.2).

При рассмотрении тканей щитовидной железы под микроскопом можно увидеть, что её клетки объединены в полые пузырьки, заполненные жидким продуктом — коллоидом. К пузырькам прилегают кровеносные сосуды, по которым поступают исходные вещества, необходимые для синтеза гормонов, и выделяются гормоны. Коллоид запасает йод, который человек получает с водой и

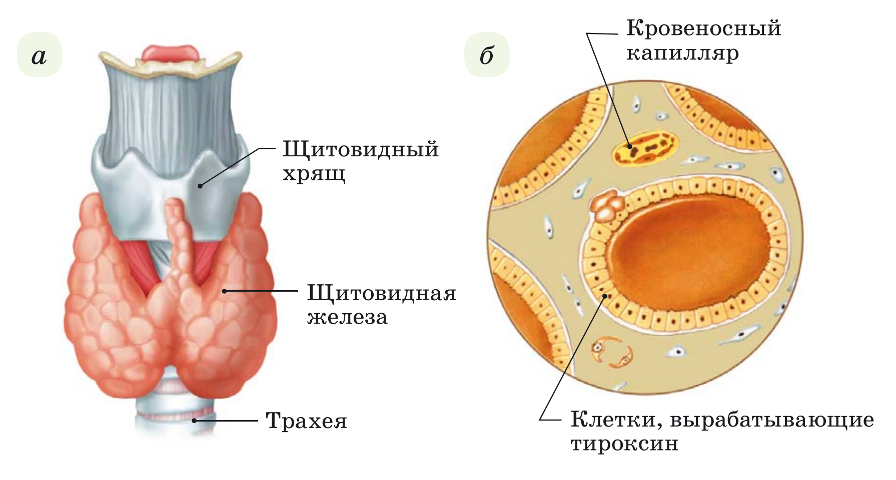



**Рис. 16.2.** Щитовидная железа (*а*) и её ткань (*б*)

пищей. При его длительном отсутствии функция железы нарушается.

Один из гормонов щитовидной железы — *тироксúн* (от греч. *тиреос* — щит, *оксис* — едкий) содержит йод и участвует в окислительных процессах, регулирует белковый, жировой и углеводный обмен, оказывает большое влияние на сердечно-сосудистую и нервную системы. При врождённой гипофункции щитовидной железы в кровь поступает крайне мало тироксина, и первым страдает мозг. Если в первые три месяца жизни ребёнка не начать лечение, происходит недоразвитие мозга, приводящее к *кретинúзму* — умственной отсталости. При этом ребёнок плохо держит голову, поздно начинает садиться, ходить, резко проявляются дефекты скелета.



Портрет дамы в соломенной шляпе. *П. Рубенс*

У взрослого недостаток тироксина вызывает заторможенность, постоянную сонливость, заметное ухудшение памяти, нарушение терморегуляции тела, снижение работоспособности. Человек становится вялым, безучастным. Даже в тёплую погоду его знобит.

Это объясняется тем, что при недостатке гормона понижается интенсивность обменных процессов и температура тела, пульс становится реже, кожа — сухой, появляется отёчность, выпадают волосы, ломаются ногти, а лицо приобретает бледный, безжизненный вид. В медицине заболевание, вызванное недостаточной функцией щитовидной железы, получило название *микседéма* (от греч. *микса* — слизь, *оедема* — отёк).

При повышенной функции железы развивается *базéдова болéзнь*. На картине «Портрет дамы в соломенной шляпе» П. Рубенса изображена женщина с явными признаками болезни. Можно смело сказать, что она была легковозбудима и раздражительна. Температура её тела почти всегда повышена, а кожа часто покрывается обильным потом. У дамы в области шеи заметно выражена припухлость — зоб, а глазные яблоки выступают из орбит.

Клетки щитовидной железы секретируют также гормон *кальцитонúн*, снижающий концентрацию кальция и фосфора в крови. Кальций — важный компонент костей и зубов, играет ведущую роль в работе мышц и нервных клеток.

В непосредственной близости от щитовидной железы располагаются четыре очень маленькие *паращитовúдные жéлезы* (от греч.

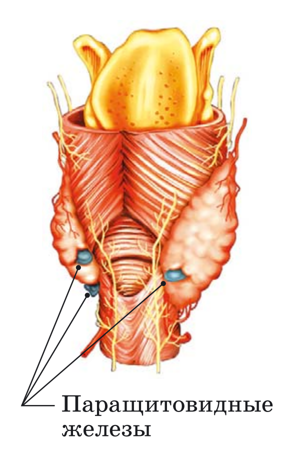



**Рис. 16.3.** Паращитовидные железы

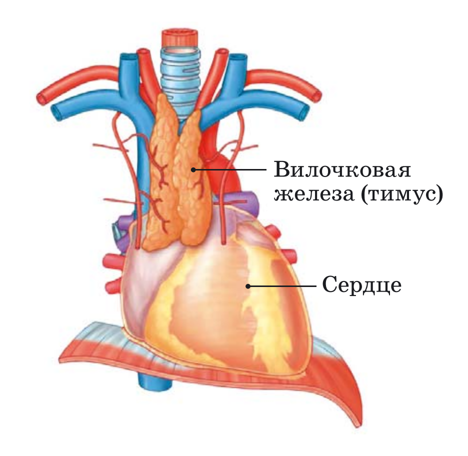



**Рис. 16.4.** Вилочковая железа (тимус)

*пара* — возле) (рис. 16.3). Благодаря выработке *паратгормо́на* — антагониста (от греч. *антагонистес* — лицо с противоположным действием) кальцитонина, железы играют главную роль в контроле содержания кальция и фосфора в крови.

## Почему вилочковая железа является органом сразу двух систем?

*Ви́лочковая железа́*, или *ти́мус* (рис. 16.4), — центральный орган иммунной системы, но из-за способности вырабатывать гормон *тимози́н* её относят и к эндокринной системе. Железа находится в верхней части грудной полости, сразу за грудиной.

Важной функцией железы является участие в образовании особых лейкоцитов — Т-лимфоцитов крови, которые являются ведущим фактором иммунной системы.



Гипофиз. Несахарный диабет. Соматотропин. Гиперфункция. Гипофункция. Гигантизм. Карликовость. Эпифиз. Мелатонин. Щитовидная железа. Тироксин. Кретинизм. Микседема. Базедова болезнь. Кальцитонин. Паращитовидные железы. Паратгормон. Вилочковая железа (тимус). Тимозин.

## Вопросы и задания

**1.** Объясните механизм функционирования гипоталамо-гипофизарной системы. **2.** Как отражается повышенная секреция гормона роста на внешнем облике человека в молодые и зрелые годы? **3.** Используя принцип обратной связи, объясните механизм регуляции кальция в организме.

# § 17. Эндокринные железы брюшной полости

Среди эндокринных желёз брюшной полости выделяют парные надпочечники и половые железы и непарную поджелудочную железу.

## Почему важна роль надпочечников?

Особое место среди желёз внутренней секреции занимают *надпо́чечники* — парные железы, расположенные над почками, на их верхних полюсах. Жизненная важность этих небольших по размеру органов была доказана в конце XIX в. Все эксперименты по их удалению у животных заканчивались гибелью.

В настоящее время доказано, что, будучи анатомически единым органом, каждый надпочечник, по существу, состоит из двух желёз, представленных корковым и мозговым веществом (рис. 17.1).

Кора надпочечников вырабатывает гормоны, относящиеся к стероидам — органическим соединениям, а так как они вырабатываются клетками коры, их назвали *кортикостеро́идами* (от лат. *кортекс* — кора, греч. *строидес* — твёрдый, *идеас* — вид, форма).

Среди кортикостероидов различают такие, которые регулируют водно-солевой обмен. Влияя на работу почек, они способствуют усиленному выведению ионов калия и удержанию ионов натрия и воды. При их недостаточной секреции организм теряет значительное количество воды, что приводит к обезвоживанию тканей, сгущению крови. Избыток гормонов вызывает накопление в тканях воды, вследствие чего появляется отёчность.

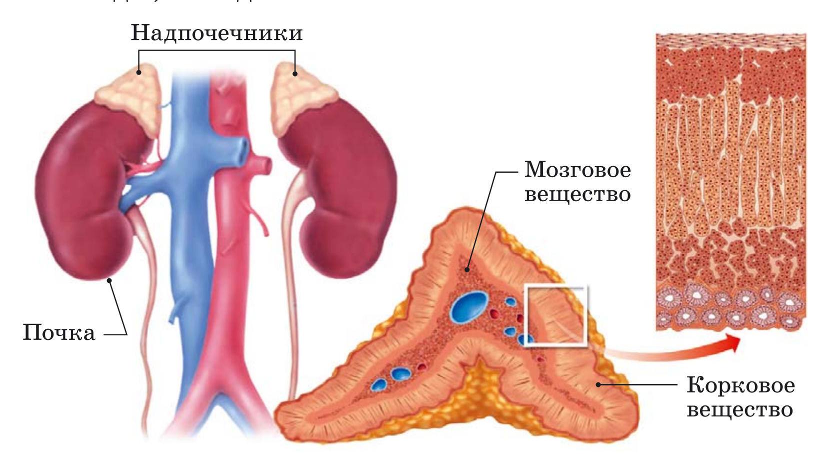
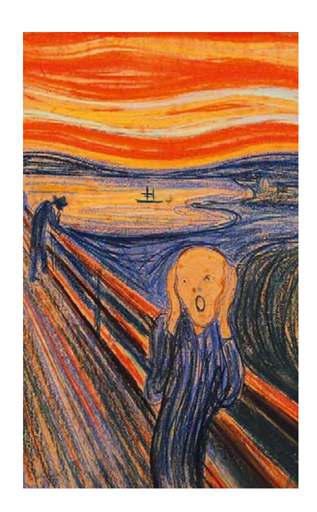



**Рис. 17.1.** Надпочечник



Крик. *Э. Мунк*

Кортикостероиды влияют на белковый обмен, ускоряя скорость распада белка, и угнетают его синтез. В то же время они способствуют синтезу углеводов и повышению уровня сахара в крови. Эти гормоны оказывают также противовоспалительное действие, но подавляют иммунитет.

Надпочечники синтезируют половые гормоны. Они вырабатываются в небольших количествах у людей обоего пола.

Мозговое вещество надпочечников вырабатывает гормон *адренали́н* (от лат. *ад* — при, *реналис* — почечный). Этот гормон осуществляет реакции, направленные на преодоление стресса. Поэтому их выработка усиливается при возбуждении симпатической нервной системы и при эмоциональных состояниях.

Это состояние описал норвежский художник Э. Мунк: «...Я шёл по тропинке... неожиданно небо стало кроваво-красным, я приостановился, смотрел на кровь и языки пламени над синевато-чёрным фьордом... дрожа от волнения, ощущая бесконечный крик, пронзающий природу».

В таком состоянии поступивший в кровь избыток адреналина мобилизует все внутренние резервы организма: сужение кровеносных сосудов внутренних органов, кожи и мышц, расширение сосудов сердца, повышение силы и частоты сердечных сокращений, дыхания, резкое повышение уровня глюкозы в крови. Не случайно адреналин называют «аварийным гормоном» и «стресс-гормоном».

## Какова роль поджелудочной железы в регуляции глюкозы?

*Поджелу́дочная железа́* одна из самых больших желёз (10–12 см в длину), расположена позади желудка (рис. 17.2). Большая часть её клеток вырабатывает пищеварительные соки, которые поступают в кишечник. В тканях железы также имеются рассеянные по всему органу маленькие группы клеток, называемые островками Лангерга́нса. Клетки островков вырабатывают два основных гормона, оказывающие противоположное действие на уровень глюкозы в крови, — *инсули́н* (от лат. *инсула* — остров) и *глюкаго́н* (от греч. *глюкус* — сладкий, *гонос* — рождение).

Инсулин способствует поступлению и усвоению глюкозы клетками организма, а также превращает избыток сахара в гликоген (животный крахмал), который запасается в мышцах и печени. Он

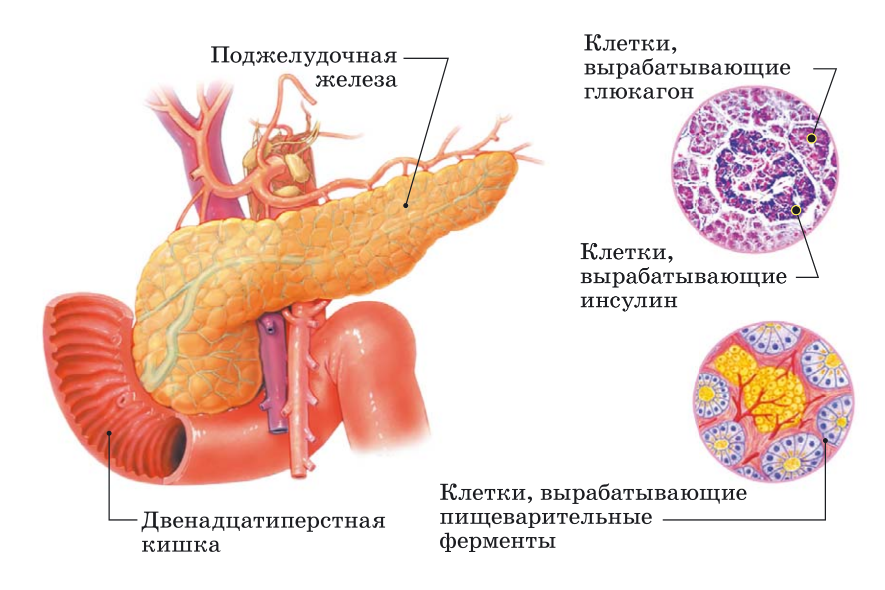



**Рис. 17.2.** Поджелудочная железа

расходуется по мере возрастания потребностей организма в энергии. При уменьшении секреции инсулина развивается *са́харный диабе́т* (рис. 17.3).

При этом заболевании снижается поступление глюкозы в ткани, тогда как её уровень в крови возрастает, она появляется в моче. При диабете люди постоянно испытывают слабость, пьют много жидкости, у них снижается устойчивость к инфекционным заболеваниям. Развитию диабета способствуют ожирение, малоактивный образ жизни, алкоголь и курение, инфекционные заболевания, наследственная предрасположенность.

Глюкагон действует противоположно инсулину, расщепляя синтезированный гликоген в печени и мышцах до глюкозы.

Гормоны поджелудочной железы контролируют снабжение клеток и тканей глюкозой, поддерживая её определённый уровень в крови. Это очень важно для клеток нейронов мозга, для которых глюкоза является единственным источником энергии.

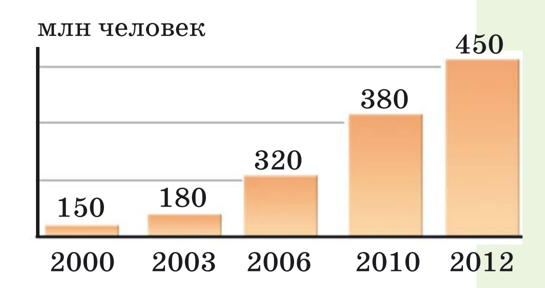



**Рис. 17.3.** Рост численности больных сахарным диабетом в мире

### Какова роль половых желёз в развитии вторичных половых признаков?

Половые железы (гонады) образуют половые клетки (яйцеклетки и сперматозоиды) у животных и человека и вырабатывают половые гормоны. Мужские половые железы — *я́йчки*, или *семенники́*, женские — *я́ичники*.

Половые гормоны по химическому строению близки к гормонам коркового слоя надпочечников. Они определяют вторичные физические и психические признаки пола, сексуальное и родительское поведение, обеспечивающее продолжение рода.

Женские половые гормоны — *эстроге́ны* (от греч. *эстрос* — желание, страсть, *генес* — порождающий) продуцируются в яичниках. Под их влиянием формируются вторичные женские половые признаки, особенности анатомического телосложения, поведения, развиваются молочные железы.

Мужские половые гормоны — *андроге́ны* (от греч. *андрос* — мужчина) регулируют развитие вторичных половых признаков: скелета, мускулатуры, характерное распределение волос, форму гортани и других физических и психических черт мужчины. Андрогены образуются в семенниках (яичках). Основной мужской половой гормон — *тестостеро́н* (от лат. *тестикулус* — мужское яичко) — оказывает влияние на образование белка, рост мышечной ткани, уменьшает содержание жира в организме, повышает основной обмен. Тестостерон необходим для созревания сперматозоидов и проявления полового инстинкта.

Как в мужском организме в небольших количествах образуются эстрогены, так и в женском — андрогены. Нарушение баланса этих гормонов выражается в появлении некоторых признаков противоположного пола.



Надпочечники. Кортикостероиды. Адреналин. Поджелудочная железа. Инсулин. Глюкагон. Сахарный диабет. Семенники. Яичники. Эстрогены. Андрогены. Тестостерон.

### Вопросы и задания

**1.** Какое значение для организма имеет адреналин? **2.** Что, по вашему мнению, способствует профилактике сахарного диабета? **3.** Какая связь существует между тироксином, инсулином, глюкагоном и некоторыми кортикостероидными гормонами? **4.** Почему железы, вырабатывающие

андрогены и эстрогены, называют половыми? **5.** Почему поджелудочную и половые железы относят к железам смешанной секреции? **6.** Перечертите в тетрадь и заполните таблицу.

**Отличие нервной регуляции от эндокринной**

| Признаки для сравнения | Эндокринная регуляция | Нервная регуляция |
|---|---|---|
| Форма передачи сигнала | | |
| Путь, по которому перемещается сигнал | | |
| Скорость передачи сигнала | | |
| Время ответа на раздражение | | |
| Продолжительность ответа во времени | | |
| Чёткость ответа | | |



## Знаете ли вы, что...

В повести М. А. Булгакова «Собачье сердце» после замены собачьего гипофиза человеческим с добродушным псом Шариком произошли фантастические метаморфозы. Цель операции была чётко изложена в истории собачьей болезни: «...постановка опыта... с комбинированной пересадкой гипофиза и яичек для выяснения вопроса о приживаемости гипофиза, а в дальнейшем и о его влиянии на омоложение организма у людей».

У холоднокровных животных возбуждение по нервным волокнам проходит со скоростью 0,2–50 м/с, а у теплокровных — 0,5–120 м/с.

Нерв обычно состоит из 1000–10 000 нервных волокон, а в зрительном нерве их более 1 млн.

Общая площадь коры больших полушарий головного мозга у человека составляет около 83 500 мм$^2$, у шимпанзе — 24 000 мм$^2$, у собаки — 6500 мм$^2$, у кролика — 850 мм$^2$, у крысы — 250 мм$^2$.



## Из истории науки

В 1635 г. Р. Декарт в работе «Описание человеческого тела» изложил представления о рефлекторной деятельности организма.

В 1869 г. П. Лангерганс изучил микроскопическое строение поджелудочной железы и описал «островки этой железы».

В 1898–1905 гг. Дж. Ленгли сделал описание вегетативной нервной системы, а также подразделил её на симпатический и парасимпатический отделы.

В 1906 г. Ч. Шеррингтон в книге «Интегративная роль нервной системы» изложил теорию, согласно которой при реализации рефлексов нервная система действует как одно целое.

В 1923 г. Ф. Бантинг и Дж. Маклеод получили Нобелевскую премию за открытие инсулина.



## Выбираем профессию

*Невропато́лог* — это специалист, который проводит профилактику и лечение различных нарушений, заболеваний центральной и периферической нервной системы.

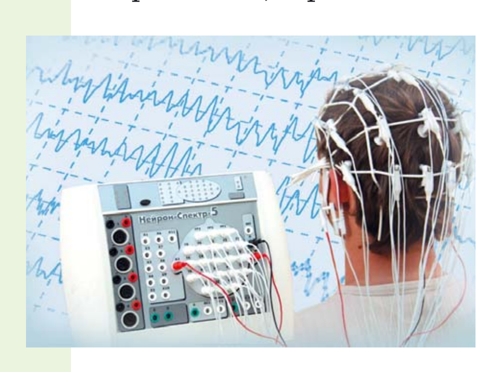
К невропатологу обращаются при головных болях и головокружениях, при заболеваниях сосудов головного мозга, после травм головы, при частых потерях сознания, при болезни Паркинсона. Иногда невропатологу приходится привлекать и других специалистов. Например, при головных болях он направляет пациента к офтальмологу для исследования глазного дна.



## От учёных

Графическая регистрация биоэлектрической активности головного мозга с помощью электроэнцефалографа представляет метод *электроэнцефалогра́фии* (от греч. *энкефалос* — головной мозг). Записываемая кривая — *электроэнцефалогра́мма* (ЭЭГ) — используется в исследовательских и диагностических целях.

В ЭЭГ различают ряд волн: α-волны — редкие колебания большой амплитуды, их регистрируют в спокойном состоянии, в полудрёме; β-волны более частые и с меньшей амплитудой, возникают при активной деятельности; θ-волны — медленные колебания малой частоты, но большой амплитуды, проявляются во время сна, при нехватке кислорода, наркозе; δ-волны — самые медленные и высокие, выражены во время глубокого сна и наркоза, при патологических состояниях коры.




Реакции на слова, вопросы, регистрируемые на полиграфе, или «детекторе лжи», — также рефлексы. Полиграф чувствителен даже к малейшим изменениям в организме: потоотделению, изменению кровяного давления и частоте дыхания.



**Рис. 17.4.** Работа полиграфа, или «детектора лжи»

Современные полиграфы могут фиксировать до 50 физиологических параметров: покраснение лица, подрагивание губ, расширение/сужение зрачков, учащённое моргание, которые могут свидетельствовать о лжи.

Например, приборы фиксируют изменение расширения капилляров. Это простейший рефлекторный ответ на шокирующий вопрос, так называемый стыд. Он не контролируется силой воли так, как можно контролировать дыхание.

Если подозреваемый сообщает заведомую ложь, у него изменяется состояние голосовых связок, которые производят несколько искажённый звук за счёт нерегулярного изменения основной частоты вибрации.

## Выводы по главе «Нейрогуморальная регуляция»



Регулирующие системы — нервная и эндокринная — обеспечивают слаженную работу организма. Однако ведущая роль в этом принадлежит нервной системе.

Нервную систему образуют нейроны и клетки нейроглии. Основная форма деятельности нервной системы — рефлекс.

Морфологически нервную систему подразделяют на центральную (спинной и головной мозг) и периферическую (нервы, нервные узлы и сплетения). Головной мозг подразделяют на отделы: продолговатый мозг, задний (мост, мозжечок), средний, передний (промежуточный мозг и конечный мозг).

Функционально нервная система образует два отдела: соматический и вегетативный. Соматический отдел регулирует поведение человека во внешней среде, работу скелетных мышц. Вегетативный отдел — работу внутренних органов, гладких мышц, кровеносных сосудов.

Вегетативная нервная система состоит из двух отделов — симпатического и парасимпатического. Они не подчиняются произвольному контролю. Благодаря их совместной работе устанавливается оптимальный режим работы внутренних органов в конкретной ситуации.

Центральная нервная система функционирует по многоуровневому принципу: спинной и низшие отделы головного мозга находятся под контролем вышележащих отделов. Самые сложные функции выполняет кора больших полушарий мозга.

Эндокринная система включает железы, выделяющие в кровь биологически активные вещества — гормоны. К железам относят гипофиз, эпифиз, щитовидную и паращитовидные железы, вилочковую железу, надпочечники и железы со смешанной функцией (поджелудочную и половые).

Активность эндокринных желёз регулируется гипоталамусом, нейроны которого через нейрогормоны влияют на гипофиз.

Гормоны влияют на строение тела, интенсивность многих функций, определяют поведение.

Нервная и эндокринная регуляция действуют содружественно. Нервная сигнализация обеспечивает быстроту, адресность и точность передачи импульсов, не оставляет последействий. Гормоны действуют медленно, охватывают большое число органов, длительно сохраняют своё влияние. Система гипоталамус—гипофиз получила название гипоталамо-гипофизарной.

## Темы докладов, рефератов, презентаций, проектов

1. И. М. Сеченов и его книга «Рефлексы головного мозга».
2. Наркотики и нервная система.
3. Как работают гормоны?
4. Заболевания эндокринной системы.
5. Влияние адреналина на работу сердца лягушки.

# Глава 4
# ОПОРА И ДВИЖЕНИЕ

## § 18. Система органов движения. Кости и их строение

«Движение — это жизнь», — заметил французский философ Вольтер. Человек приспособлен, а может быть, и приговорён природой к движению, люди не могут не двигаться, начиная уже с первых дней своей жизни.

### Каково значение системы органов движения?

Органами, обеспечивающими движение, перемещение в пространстве, т. е. *локомóцию* (от лат. *локус* — место, *моцио* — движение), являются скелет и мышцы. Причём пассивную роль в этом выполняют кости и их соединения, а активную — мышцы. Управление движениями обеспечивается нервной системой.

Скелетные мышцы прикрепляются к костям и при сокращении вызывают движения в суставах, в результате которых происходит перемещение тела или его отдельных частей, поддерживается поза. Следовательно, кости и мышцы объединены в *систéму óрганов движéния*. Скелет служит опорой тела, позволяет сохранять форму и положение в пространстве. Совместно с мышцами скелет выполняет защитные функции: череп и позвоночник служат «футлярами» для головного и спинного мозга. Грудная клетка надёжно закрывает сердце, лёгкие и крупные сосуды, а брюшные мышцы защищают внутренние органы.

В костях запасаются кальций, фосфор, магний, в мышцах — гликоген. Без резервирующей функции этих органов невозможно поддержание постоянства внутренней среды — гомеостаза.

Находящийся в костях красный костный мозг — главный орган кроветворения, а скелетные мышцы — органы, активно образующие тепло.

### Какие особенности химического состава и строения обеспечивают свойства костей?

Основой скелета являются кости, которые обладают твёрдостью, прочностью и гибкостью. Твёрдость их приближается к твёрдости железа. Исследования на прочность показали, что плечевая кость выдерживает вертикальную нагрузку в 850 кг, а бедренная — в 1,5 т. Свойства костей зависят от их химического состава и строения.

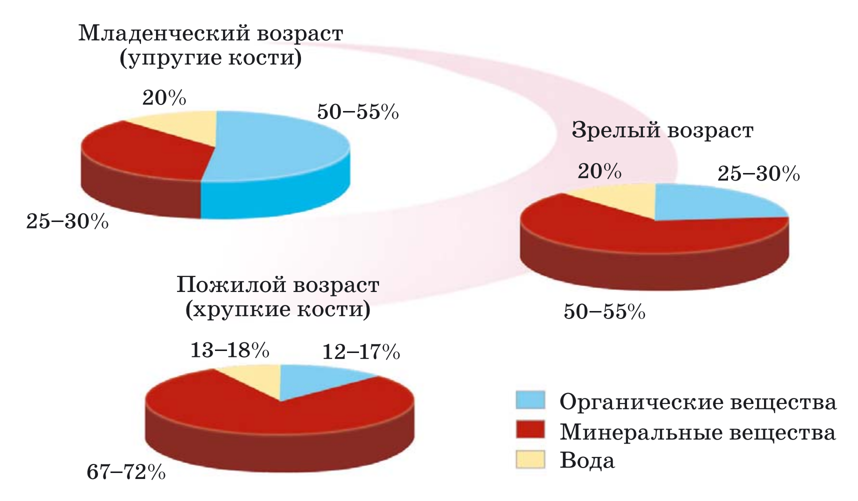



**Рис. 18.1.** Соотношение веществ в костях

Если поместить кость в раствор соляной кислоты, её неорганическая часть растворится, и останутся пучки органических волокон. Такая кость станет мягкой и пластичной. Прокалённая на огне кость лишится органических веществ и станет хрупкой. Сочетание твёрдого и хрупкого неорганического и эластичного органического компонентов придаёт кости высокую прочность. Наибольшей прочности кости достигают в возрасте 20–40 лет.

Используя знания из области химии, объясните результаты описанных опытов.

Живая кость наполовину состоит из воды, почти на четверть из минеральных веществ, в основном солей кальция, фосфора и магния, остальная часть (около 30%) органические соединения. Соотношение этих веществ в течение жизни меняется (рис. 18.1).

Изучите диаграммы на рисунке 18.1 и решите, какие изменения происходят с химическим составом костей в течение жизни человека.

## Как устроена кость?

Прочность костей обусловлена не только их химическим составом, но и строением. Каждая кость (рис. 18.2) — сложный орган, состоящий из костной ткани, надкостницы, костного мозга, кровеносных, лимфатических сосудов и нервов.

При внешнем рассмотрении на поверхности кости можно увидеть выступы, гребни и разнообразные шероховатости — это

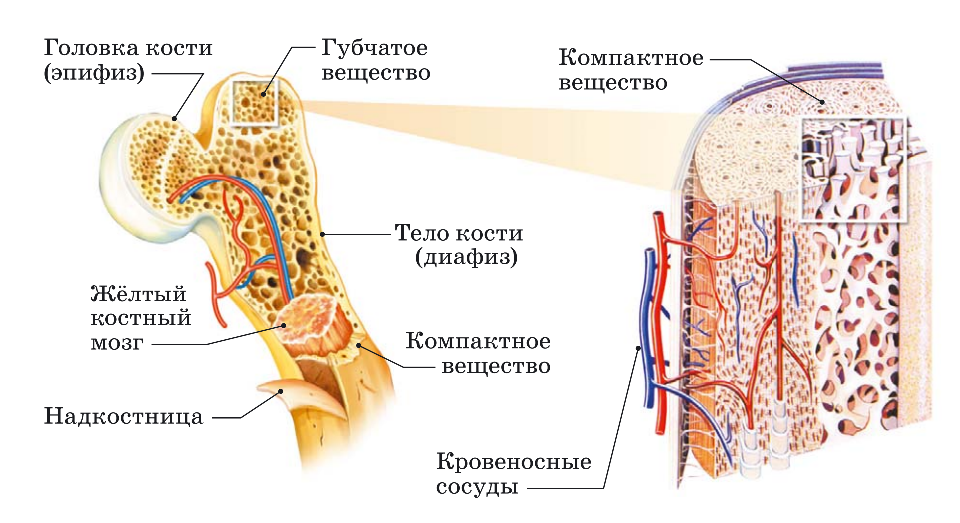



**Рис. 18.2.** Строение кости

места прикрепления мышц, а многочисленные отверстия — выходы кровеносных сосудов и нервов.

Благодаря способности костной ткани к делению её клетки слой за слоем откладывают новое костное вещество. В результате кость растёт в толщину и происходит её восстановление после перелома. Рост костей в длину осуществляется за счёт деления клеток хрящевой ткани в особых зонах роста, находящихся вблизи концов трубчатых костей.

Снаружи кости покрыты плотной соединительной тканью — *надко́стницей*. Под надкостницей располагается слой плотного *компа́ктного вещества́*. На концах длинных костей и во всех коротких и плоских под ним расположено *гу́бчатое вещество́*, которое состоит из множества пересекающихся тонких пластинок и многочисленных ячеек. В губчатом веществе находится *кра́сный ко́стный мозг*. Он выполняет кроветворную функцию — образует клетки крови. В полостях длинных костей этот мозг с возрастом заменяется жировой тканью — *жёлтым ко́стным мо́згом*.

В скелете встречаются кости различной величины и формы. Среди всего этого многообразия выделяют трубчатые, губчатые и плоские кости (рис. 18.3).

*Тру́бчатые ко́сти* полые и состоят из тела и двух головок. К трубчатым костям относят кости конечностей: бедренную, лучевую, большую берцовую, плечевую и др.




**Рис. 18.3.** Виды костей

*Коро́ткие ко́сти* (*гу́бчатые* и *сме́шанные*): рёбра, позвонки, грудина, кости запястья и предплюсны.

*Пло́ские ко́сти*: кости таза, лопатки, кости мозгового черепа (затылочная, височная и др.).

## Как кости соединены друг с другом?

Различают три типа соединения костей: неподвижное, полуподвижное и подвижное (рис. 18.4).

*Неподви́жное соедине́ние*, или *шов,* достигается путём срастания. Неподвижно соединены кости таза и крестца. Многочисленные кости мозгового отдела черепа имеют множество выступов, благодаря которым одна кость входит в соответствующие углубления другой.

*Полуподви́жное соедине́ние* характеризуется наличием между костями эластичного хряща. Например, между позвонками имеются межпозвоночные диски. Хрящи эластичны и позволяют костям немного смещаться, обеспечивая некоторую подвижность, потому их и называют *полуподви́жными*.

*Подви́жные соедине́ния*, или *суста́вы*, соединяют кости конечностей и хрящевые концы рёбер и костной грудины. Соприкасающиеся кости в суставе покрыты общей оболочкой из плотной соединительной ткани — *суставно́й су́мкой*. Она прирастает к надкостнице сочленяющихся костей вблизи суставных поверхностей и герметично закрывает суставную полость. Изнутри капсула покрыта влажной оболочкой, вырабатывающей вязкую *суставну́ю*

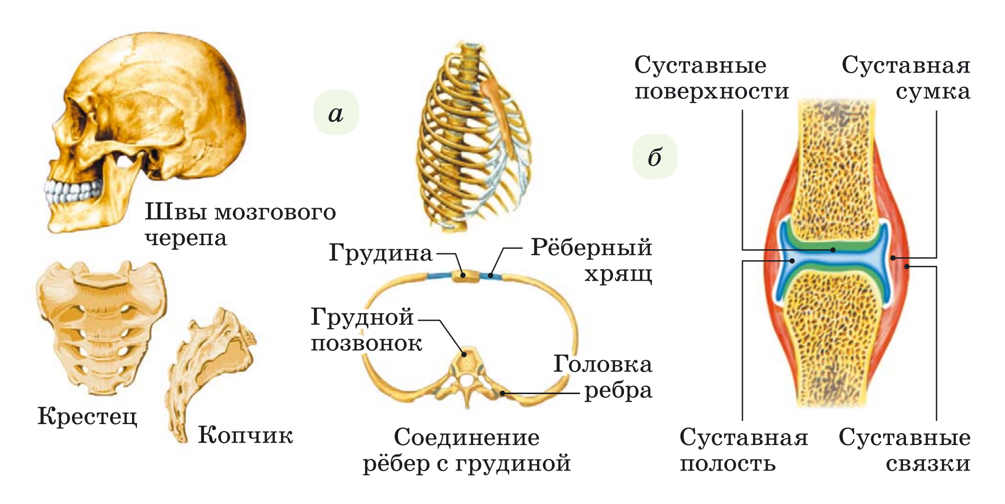



**Рис. 18.4.** Соединения костей (*а*); строение сустава (*б*)

*жи́дкость*, которая накапливается в щелевидной полости сустава. Её объём зависит от размеров сустава и его двигательной активности. При малой активности её количество сокращается.

Соприкасающиеся поверхности костей в суставе покрыты хрящом. Жидкость и хрящи («подшипники») уменьшают трение и обеспечивают свободное скольжение. Поверх суставной сумки расположены прочные связки и мышцы. Перекидываясь через сустав, они удерживают соединяющиеся кости и укрепляют соединение.

Суставные поверхности большинства сочленяющихся костей неодинаковы по форме: на одной из них — головка, а на другой — впадина. От формы суставных поверхностей зависит характер движений.

Рассмотрите виды суставов (рис. 18.5). Определите, какие из них могут делать движение в одной, двух или трёх плоскостях.

Так, *цилиндри́ческий* сустав позволяет выполнять вращательные движения, например, между первым и вторым шейными позвонками. В суставах пальцев или локтевом суставе одна кость имеет суставную поверхность в виде желобка, а другая — в виде валика (*блокови́дный* сустав). Такие суставы допускают движения только в одной плоскости — сгибание и разгибание. Яйцевидная головка лучевой кости позволяет выполнять в лучезапястном суставе сгибание и разгибание, приведение и отведение. *Шарови́дные* плечевой и тазобедренный суставы дают возможность производить, кроме того, и вращение.

Блоковидное соединение

Цилиндрическое соединение

Шаровидное соединение

Мыщелковое соединение

Седловидное соединение

Плоское соединение

**Рис. 18.5.** Виды соединений (суставов)



Локомоция. Система органов движения. Надкостница. Компактное вещество. Губчатое вещество. Красный костный мозг. Жёлтый костный мозг. Трубчатые кости. Короткие кости. Плоские кости. Неподвижное соединение (шов). Полуподвижное соединение костей. Подвижные соединения (суставы). Суставная сумка. Суставная жидкость. Суставы: цилиндрический, блоковидный, шаровидный.

## Вопросы и задания

**1.** Какие функции характерны для системы органов движения? **2.** Какова роль костей в минеральном обмене веществ? **3.** От чего зависит прочность и гибкость костей? **4.** Благодаря чему происходит рост костей? **5.** Объясните, в чём выражается взаимосвязь строения сустава и выполняемой им функции. Приведите конкретные примеры.

# § 19. Строение скелета человека

Старославянское слово «кощь» («кошть») означает «сухой, тощий». Отсюда и сказочный Кощей Бессмертный, символизирующий смерть. В то же время скелет с серпом или косой, занесёнными над полем человеческих голов, воспринимался и как символ воскрешения в природе.

## Что такое скелет человека?

Совокупность плотных образований — костей, хрящей и соединяющих и укрепляющих их связок называют *скелéтом* (от греч. *скелетос* — высохший). Скелет взрослого человека насчитывает более 200 костей. При кажущейся массивности костей средняя масса всего скелета взрослого человека составляет около 11–12 кг.

В скелете (рис. 19.1) различают осевой скелет и скелет конечностей. *Осевóй скелéт* состоит из черепа, позвоночника и грудной клетки, расположенных по воображаемой линии — сверху вниз до середины туловища. *Скелéт конéчностей* расположен по обеим сторонам этой линии.

## Каково значение и строение черепа?

*Чéреп*, или *скелéт головы́*, определяет форму головы, защищает головной мозг, органы слуха, обоняния, зрения, служит местом прикрепления мимических и жевательных мышц.

Костная основа головы образована мозговым и лицевым отделами черепа (рис. 19.2). *Мозговóй отдéл* образован неподвижно соединёнными костями: парными теменными и височными, лобной, затылочной и др. В височных костях находятся наружные слуховые отверстия, а в нижней части затылочной — большое затылочное отверстие, в области которого спинной мозг соединяется с головным.

*Лицевóй отдéл* состоит из 15 костей. Самые крупные из них — верхнечелюстные. Они соединены с костями мозгового черепа.

Нижнечелюстная кость — подвижная кость черепа. Такая свобода челюсти позволяет человеку пережёвывать пищу и члено-



**Рис. 19.1.** Скелет человека

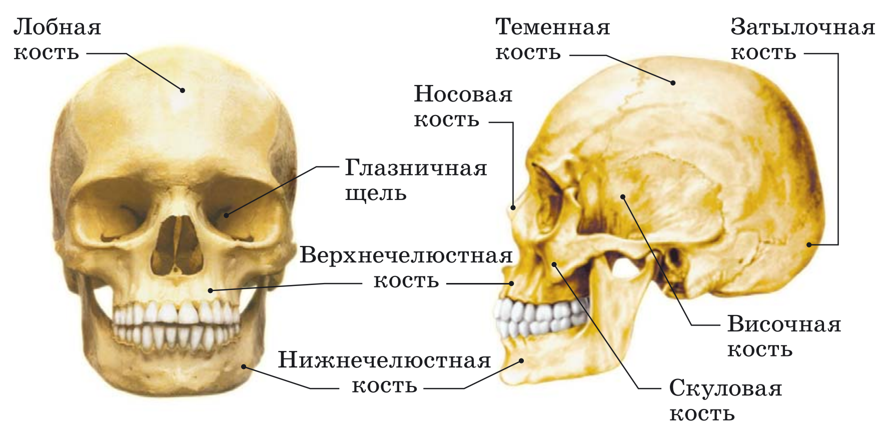



**Рис. 19.2.** Кости черепа

раздельно говорить. На челюстных костях имеются лунки, в которых находятся корни зубов.

## Чем образован осевой скелет туловища?

*Скеле́т ту́ловища* образован позвоночником и грудной клеткой. *Позвоно́чник* — это основа скелета человека. В позвоночник входят 33–34 короткие кости — *позвонки́*, которые расположены друг над другом. Между ними находятся прослойки упругой хрящевой ткани — межпозвоночные диски. Благодаря этому позвоночник обладает упругостью, гибкостью и смягчает сотрясения (амортизирует) при беге, ходьбе и прыжках.

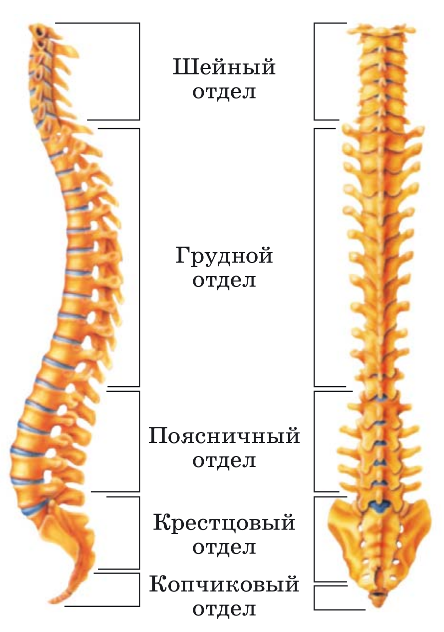



**Рис. 19.3.** Отделы позвоночника

У человека различают 7 шейных, 12 грудных, 5 поясничных, 5 сросшихся крестцовых позвонков, образующих массивный крестец, и 3–5 копчиковых, соответствующих хвостовым позвонкам (рис. 19.3) млекопитающих.

Каждый позвонок (рис. 19.4) состоит из тела, дуг и нескольких отростков. Между телами и дугами

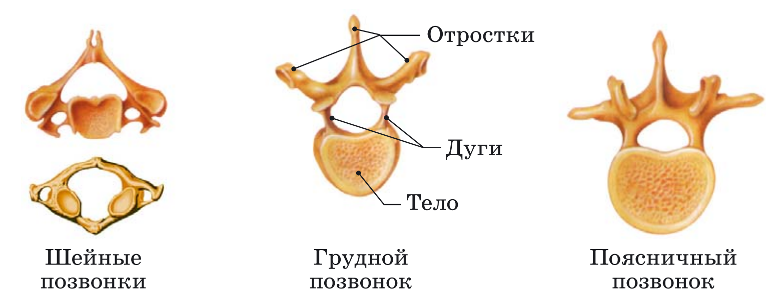



**Рис. 19.4.** Строение позвонков

позвонков имеются отверстия, формирующие позвоночный канал, вмещающий спинной мозг.

В позвоночнике человека четыре изгиба: шейный, грудной, поясничный и крестцовый. Благодаря S-образной изогнутости позвоночник способен пружинить, смягчая толчки при ходьбе, беге.

Грудные позвонки, плоские дугообразно изогнутые рёбра и плоская грудина образуют *грудну́ю кле́тку* (рис. 19.5). Передние концы семи пар верхних рёбер соединены с плоской грудиной, 8–10-я пара — с вышележащим ребром. Рёбра 11-й и 12-й пар короче и оканчиваются свободно. Вместе с мышцами рёбра ограничивают грудную полость сверху, спереди, с боков и сзади. Снизу грудная полость отделена от брюшной диафрагмой. Вращаясь в ямках грудных позвонков, рёбра могут изменять своё положение, подниматься и опускаться.

## Из чего состоит скелет конечностей?

*Скеле́т коне́чностей* образован костями свободных конечностей и их поясов, при помощи которых они прикрепляются к скелету туловища.

## Какое строение имеют плечевой пояс и скелет свободных верхних конечностей?

Верхний пояс образован двумя плоскими треугольными *лопа́тками*, лежащими на задней поверхности грудной клетки, и парой сочленённых с ними *ключи́ц*, которые соединены с грудиной.

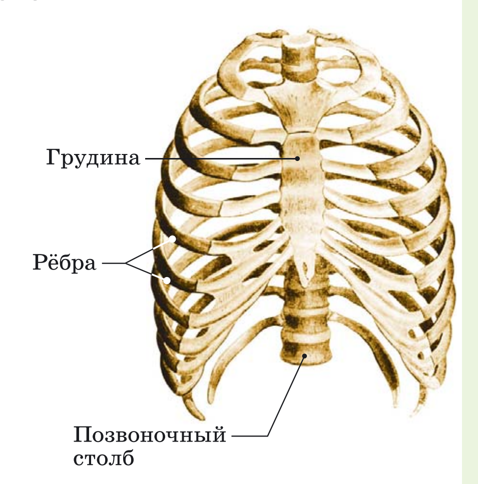



**Рис. 19.5.** Грудная клетка

Скелет верхних свободных конечностей состоит из трёх отделов: плеча, предплечья и кисти (рис. 19.6). Плечо образовано одной длинной костью — *плечево́й*, которая вместе с суставной впадиной лопатки формирует плечевой сустав. Далее кость сочленяется с предплечьем, которое состоит из двух костей, находящихся рядом, — *локтево́й* и *лучево́й*. С предплечьем соединяется кисть. В её скелете два ряда коротких мелких костей *запя́стья*, пять длинных костей *пя́сти*, образующих опору ладони, и четырнадцать *фала́нг па́льцев* кисти.

Кости предплечья и верхнего ряда запястья образуют лучезапястный сустав.

## Как устроен тазовый пояс и скелет свободных нижних конечностей?

Пояс нижних конечностей образован двумя массивными плоскими тазовыми костями, которые сзади сращены с крестцом, а спереди соединены друг с другом, образуя *таз* — прочное

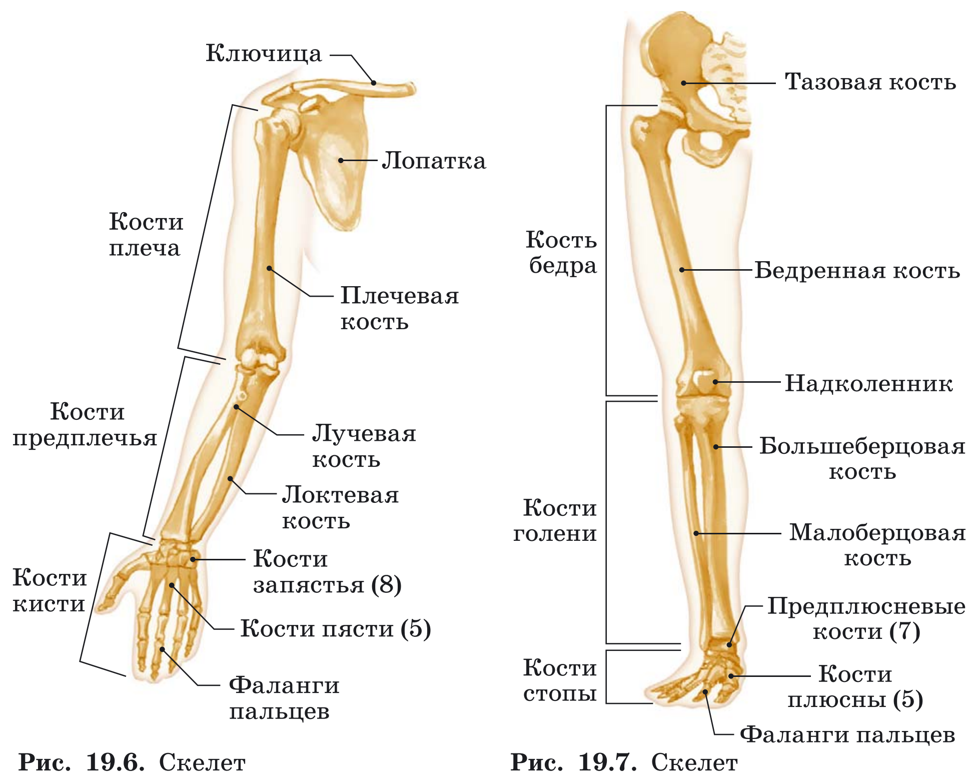



**Рис. 19.6.** Скелет верхней конечности

**Рис. 19.7.** Скелет нижней конечности

неподвижное основание для прикрепления нижних конечностей (рис. 19.7). Скелет нижних свободных конечностей состоит из бедра, голени и стопы. В бедре одна кость — *бе́дренная* — самая крупная кость скелета, в голени две — *большеберцо́вая* и *малоберцо́вая*.

Верхний конец бедренной кости, сочленяясь с впадиной тазовой кости, образует тазобедренный сустав.

Нижний конец бедренной кости и верхний конец большеберцовой кости образуют коленный сустав. Спереди он защищён небольшим плоским *надколе́нником* (*коле́нной ча́шечкой*).

В скелете стопы семь коротких костей *предплю́сны*, пять трубчатых костей *плю́сны* и четырнадцать костей *фала́нг па́льцев*.

Одна из костей предплюсны — таранная кость — сочленяется с костями голени и образует голеностопный сустав, а наиболее крупная из них — пяточная — имеет пяточный бугор, служащий опорой.

## Что общего и в чём различия скелетов человека и других млекопитающих?

Скелет человека и млекопитающих состоит из одних и тех же отделов, образованных сходно расположенными костями. Однако скелет человека имеет ряд особенностей.

Особенности скелета человека связаны с прямохождением и трудовой деятельностью.

Вертикальное положение тела, опирающегося только на нижние конечности, освободило руки от функции ходьбы.

Возникшие в процессе эволюции изгибы позвоночника способствуют сохранению равновесия. Во время быстрых резких движений изгибы пружинят и смягчают толчки, испытываемые телом.

У млекопитающих, которые опираются на четыре конечности, позвоночник таких изгибов не имеет.

Грудная клетка человека в связи с прямохождением расширена в стороны. У других млекопитающих она, как правило, сжата с боков.



Одна из самых характерных черт скелета человека — строение руки, ставшей органом труда. Это привело к их укорочению, уменьшению массивности костей, увеличению подвижности, особенно большого пальца. Самый подвижный, большой палец может располагаться напротив всех остальных, что очень важно при различных видах труда.

В связи с прямохождением таз человека стал шире и массивнее. Он поддерживает органы брюшной полости.

Кости ног отличаются большой длиной и прочностью. Они выдерживают всю тяжесть тела и передвигают его.

Массивные кости нижних конечностей человека гораздо толще и прочнее костей рук. Стопа человека образует своды. Благодаря этому вес тела распределяется равномерно, вследствие чего стопа выдерживает большую нагрузку, и при этом мышцы, сосуды и нервы подошвенной поверхности не испытывают давления. Свод смягчает толчки тела при ходьбе.

В скелете головы человека мозговой отдел черепа преобладает над лицевым. Это связано с большим развитием головного мозга.

У животных лицевой отдел черепа развит значительно сильнее, чем мозговой; головной мозг у них имеет относительно меньший объём, чем у человека, а сильно развитые челюсти являются органом добывания пищи, нападения, защиты.



Скелет. Осевой скелет. Череп (скелет головы). Мозговой отдел черепа. Лицевой отдел черепа. Скелет туловища. Позвоночник. Позвонки. Грудная клетка. Скелет конечностей. Лопатки. Ключицы. Кости: плечевая, локтевая, лучевая, запястья, пясти, фаланг пальцев. Таз. Кости: бедренная, большеберцовая, малоберцовая, надколенник, предплюсны, плюсны, фаланг пальцев.

## Вопросы и задания

**1.** Из каких отделов состоит скелет человека? **2.** Каково значение гибкости позвоночника? **3.** Как строение позвонка приспособлено к выполнению функций? **4.** Какое значение для человека имеют сращение крестцовых позвонков и массивность костей таза? **5.** Какое значение для человека имеет подвижное сочленение нижней челюсти с височными костями? **6.** Какое значение в эволюции человека сыграла подвижность кисти и положение большого пальца? **7.** С чем связаны главные особенности скелета человека, отличающие его от скелета других млекопитающих?



**Лабораторная работа** «Строение позвонков (на муляжах)».

# § 20. Мышцы. Управление движениями. Утомление

«А я — весь из мяса!» — писал русский поэт В. В. Маяковский. Насколько он был прав, вы узнаете из текста параграфа.



## Какие функции осуществляют скелетные мышцы?

*Мы́шцы* являются активной частью системы опоры и движения. Они прикреплены к костям скелета и благодаря суставам приводят кости в движение. Помимо перемещения отдельных частей тела, поддержания позы, мышцы обеспечивают дыхательные и глотательные движения, мимику и речь, преобразуют химическую энергию в механическую и тепловую.

У человека насчитывают около 600 скелетных мышц. Масса мускулатуры человека составляет 40% от массы тела.

## Каково строение скелетной мускулатуры?

В мышце различают *брюшко́*, состоящее из поперечнополосатой мышечной ткани, и *сухожи́лия* (рис. 20.1, *а*). Брюшко мышцы покрыто оболочкой — *фа́сцией*. Как правило, скелетная мышца прикрепляется к соседним костям скелета с помощью сухожилий. Они

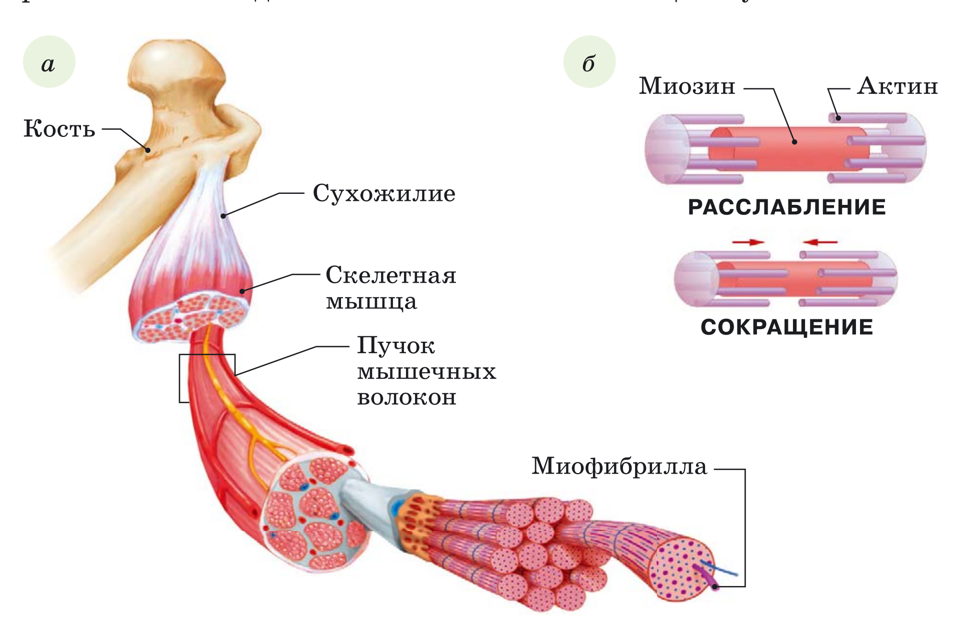



**Рис. 20.1.** Скелетная мышца (*а*); механизм сокращения мышц (*б*)




**Рис. 20.2.** Скелетные мышцы человека

состоят из малорастяжимой соединительной ткани, обладающей значительной прочностью и выдерживающей огромные нагрузки.

Некоторые мышцы прикрепляются к другим органам, например коже (мимические мышцы), глазному яблоку. Мышцы пронизаны кровеносными и лимфатическими сосудами. По кровеносным сосудам с током крови поступают питательные вещества и кислород, удаляются продукты обмена, а по лимфатическим оттекают жидкости. В мышцах расположены рецепторы, фиксирующие степень их сокращения и растяжения. К каждой мышце подходит нерв, связывающий её с центральной нервной системой.

При микроскопическом рассмотрении мышцы можно увидеть поперечнополосатые мышечные волокна, собранные в мышечные пучки. *Мы́шечные воло́кна* — это высокоспециализированные образования, простирающиеся от одного сухожилия к другому и достигающие в длину десятки сантиметров.

В цитоплазме мышечного волокна находятся и специализированные сократительные нити — *миофибри́ллы*, состоящие из белков *акти́на* и *миози́на* (рис. 20.1, *б*).

Механизм мышечного сокращения заключается в скольжении нитей актина и миозина относительно друг друга. Когда мышца сокращается, нити миозина смещаются между нитями актина словно пальцы. При этом мышца или укорачивается, развивая усилие, или напрягается при неизменной длине.

В организме мышечное сокращение возникает под влиянием нервных импульсов, поступающих в мышцу из центральной нервной системы. Источниками энергии для мышечных сокращений служат молекулы АТФ, которые синтезируются в результате окисления глюкозы в мышечных волокнах.

В зависимости от места расположения на теле и по выполняемым функциям различают скелетные мышцы конечностей, туловища, головы (рис. 20.2). Причём 50% в нижних конечностях, около 30% в верхних, остальные приходятся на мышцы головы, шеи и туловища.

## Как управляются сокращения мышц, а значит, и движения в целом?

Движение в большинстве суставов возможно по нескольким направлениям — осям. Мышцы, образующие при движении функциональные группы совместного действия, называют *мы́шцами-синерги́стами*, а противоположного — *мы́шцами-антагони́стами*. Их согласованная тяга превращает сустав в механизм с определённым направлением и скоростью движения.

В процессе сокращения двуглавой мышцы (бицепс) трёхглавая мышца (трицепс) одновременно пассивно растягивается (рис. 20.3). При сокращении трёхглавой мышцы растягивается двуглавая.

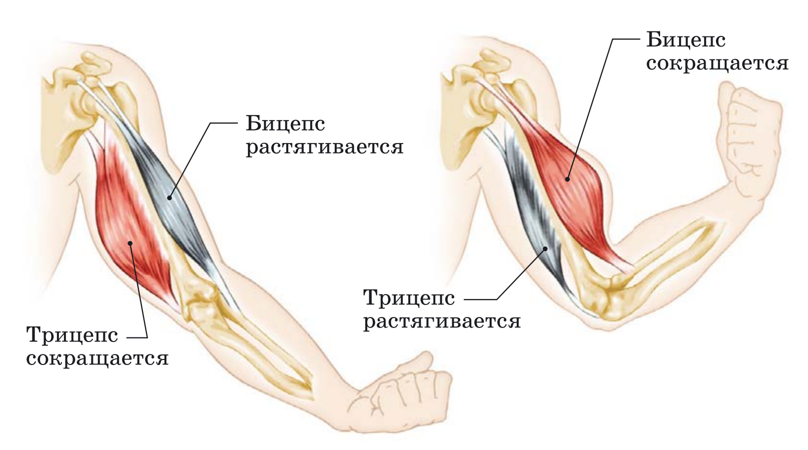
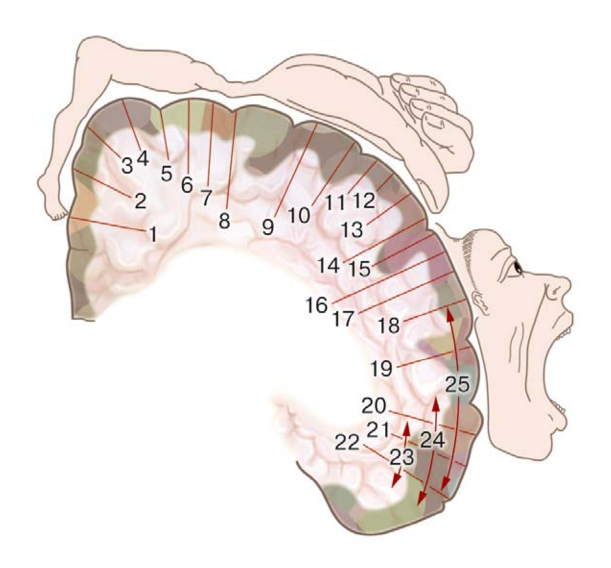



**Рис. 20.3.** Мышцы-антагонисты




1–4. Нижняя конечность
5. Туловище
6–14. Верхняя конечность
15. Шея
16–20. Голова
21. Язык
22. Глотание
23. Жевание
24. Слюноотделение
25. Управление голосом

**Рис. 20.4.** Двигательные центры коры больших полушарий (по У. Пенфилду, 1966)

При одинаковой силе тяги синергистов и антагонистов обе они фиксируют (закрепляют) положение сочленяющихся в суставе рычагов — костей. Очевидно, что такая координация движений осуществляется не самими мышцами, а управляющими ими нервными центрами. Согласованная деятельность мышц возможна только под постоянным контролем центральной нервной системы.

Дуги непроизвольных безусловных двигательных рефлексов замыкаются в спинном мозге и ядрах ствола головного мозга. Реализация сложных произвольных движений целиком зависит от двигательных центров, расположенных в лобной доле коры больших полушарий (рис. 20.4). Представительство скелетных мышц в них разное. Двигательные центры связаны со всеми отделами головного мозга.

В обеспечении произвольных движений также участвуют органы зрения, вестибулярный аппарат, рецепторы мышц, суставов и кожи.

## Как оценивают работу мышц?

Произведение массы перемещаемого груза на величину её укорочения называют *рабóтой мышц*. Она зависит от нагрузки и темпа движений. При увеличении нагрузки до некоторого предела работа возрастает, а затем постепенно снижается. Предельные нагрузки мышца не способна преодолеть — тогда работа будет равна нулю. Наибольшая работа совершается при средних нагрузках.



В различных жизненных ситуациях одни и те же мышцы совершают разную работу. Работу по перемещению тела или груза называют *динами́ческой*, а при удерживании определённой позы или груза — *стати́ческой*.

При динамической работе разные двигательные единицы и группы мышц сокращаются поочерёдно, и работоспособность сохраняется длительное время. Нервные центры, управляющие мышцами, работают в заданном режиме и потому экономно, с высокой эффективностью.

Статическая работа характеризуется непродолжительностью и непрерывной активностью одних и тех же мышц. При более длительном статическом напряжении мышцы сдавливают питающие их кровеносные сосуды, в результате ухудшается снабжение мышц кислородом и питательными веществами, нарушается отток венозной крови. Тогда итоговая работа оказывается небольшой.

## Почему развивается утомление?

*Утомлéние* — временное снижение работоспособности органа или организма в целом, наступающее в результате напряжённой и продолжительной работы и исчезающее после отдыха. Скорость развития утомления зависит от характера работы, величины нагрузки и ритма. При увеличении нагрузки утомление наступает быстрее. Утомление проявляется в уменьшении амплитуды, замедленности сокращений, появлении *контракту́ры* (от лат. *контрактура* — стягивание, сужение) — остаточного сокращения из-за неполного расслабления и вследствие этого ограничения подвижности в суставе, ощущения «одеревенения» мышцы, болезненности.

Прежде всего утомление развивается в нервных центрах, управляющих двигательной деятельностью. Нервное утомление сопровождается утратой координации, возбуждением не участвующих в движении мышц.

Это явление можно наблюдать у спортсменов, которые в конце соревнования порой не могут попасть мячом в корзину или ворота с самых удобных позиций. И наоборот, некоординированные действия в отсутствие навыка приводят к быстрому утомлению.

Утомление в мышце развивается вследствие истощения энергетических запасов и накопления конечных продуктов обмена веществ, угнетающих мышцу.

Так, боли в перетруженных мышцах объясняются накоплением в них молочной кислоты. Боли могут возникнуть и вследствие давления утомлённых мышечных волокон на расположенные в мышцах рецепторы.

Утомление мышц и влияние на их деятельность ритма сокращений и величины нагрузки изучал И. М. Сеченов. Учёный сформулировал *зако́н* (*пра́вило*) *сре́днего ри́тма и сре́дних нагру́зок*, который гласит, что мышца может совершить максимальную работу при средних нагрузках в среднем ритме.

Сеченов установил, что для каждой физической работы можно подобрать такой ритм и нагрузку, которые позволят сохранять оптимальную работоспособность при наименьшем утомлении.

После отдыха работоспособность не только восстанавливается, но и часто превышает исходный уровень. Восстановление протекает быстрее при активном отдыхе, чем при полном покое.

Сеченов показал, что восстановление работоспособности утомлённых мышц руки ускоряется, если во время отдыха производить работу другой рукой — это явление активного отдыха.

Утомление и восстановление представляют защитный механизм, предотвращающий серьёзные нарушения, «поломки».



Мышца: брюшко, сухожилие. Фасция. Мышечное волокно. Миофибрилла. Актин. Миозин. Синергист. Антагонист. Работа мышц. Динамическая работа. Статическая работа. Утомление. Контрактура. Закон (правило) среднего ритма и средних нагрузок.

## Вопросы и задания

**1.** Прав ли В. В. Маяковский, утверждавший «А я — весь из мяса!»? **2.** Как сокращается мышечное волокно? **3.** Почему верна такая фраза: «У него на лице всё написано»? **4.** Чем обусловлена согласованная деятельность мышц антагонистов и синергистов? **5.** Почему динамическая работа менее утомительна, чем статическая? **6.** Какие физиологические причины лежат в основе утомления? **7.** Кто из учёных заложил основы физиологии труда?

# § 21. Значение тренировки для формирования системы опоры и движения. Первая помощь при повреждении скелета и мышц

«Ничто так сильно не разрушает организм, как физическое бездействие...» — писал древнегреческий философ и натуралист Аристотель. Его слова актуальны и в наше время.

## Как физическая активность влияет на наш организм?

Физическая активность способствует формированию сильного и выносливого организма человека, а неподвижность ведёт к снижению работоспособности, ожирению и другим заболеваниям.

Способность мышц выполнять физическую работу зависит от их тренировки. В результате тренировок происходит увеличение числа и утолщение отдельных миофибрилл и вся мышца утолщается, повышаются мышечная сила и выносливость, улучшается координация. У тренированного человека после утомления быстро восстанавливаются силы и работоспособность.

Увеличение двигательной активности при занятиях физкультурой, спортом, трудом оказывает благоприятное влияние на костную систему. Кость растёт в тех направлениях, в которых она испытывает большее растяжение или сжатие. Особенно сильно развиваются участки костей, к которым прикрепляются крупные и мощные мышцы. В этих местах формируются костные бугры, шероховатости и гребни. Под влиянием тренировок кости становятся более крепкими и устойчивыми к нагрузкам и травмам.

Разносторонняя мышечная деятельность повышает работоспособность организма и уменьшает его энергетические затраты на выполнение работы. При систематических тренировках сердце начинает экономно сокращаться, а кровеносные сосуды становятся более эластичными, что способствует передвижению крови. При этом формируется более совершенный механизм дыхательных движений, увеличивается глубина дыхания.

Мышечная работа способствует улучшению настроения, создаёт ощущение бодрости, а в конечном счёте приводит к повышению жизнедеятельности всего организма. Вот почему занятия физкультурой дают заметный оздоровительный эффект.

Снижение физических нагрузок неблагоприятно отражается на состоянии здоровья и ведёт к *гиподинамúи*. У людей теряется эластичность и сократительная способность скелетных мышц,

возникают слабость сердечной мышцы и нарушения в работе сердечно-сосудистой системы. В результате расслабления мышц брюшного пресса происходит опущение внутренних органов и нарушается функция пищеварительной системы. Одновременно происходят изменения в скелете, что выражается в ухудшении осанки и развитии сутулости. От жировых отложений увеличивается масса тела, нарушается координация движений.

Чтобы смягчить последствия гиподинамии, необходимо заниматься физкультурой, спортом, туризмом, физическим трудом.

Однако надо помнить, что занятия физкультурой и спортом могут быть полезными для организма только при соответствии физической нагрузки физическому развитию. Чрезмерное физическое напряжение во время некоторых спортивных состязаний, изнуряющих тренировок в фитнес-центрах, длительных турпоходов может принести человеку не меньше вреда, чем малоподвижный образ жизни.

## Хорошая или плохая осанка. Что это такое?

*Оса́нка* — непринуждённое привычное положение тела при стоянии, сидении, ходьбе и работе человека, но без активного напряжения мышц. Её формирование происходит ещё в раннем детстве, в процессе роста и развития организма.

При правильной осанке (рис. 21.1) изгибы позвоночника умеренные, имеют равномерный волнообразный вид; лопатки расположены симметрично, плечи развёрнуты, ноги прямые с нормаль-

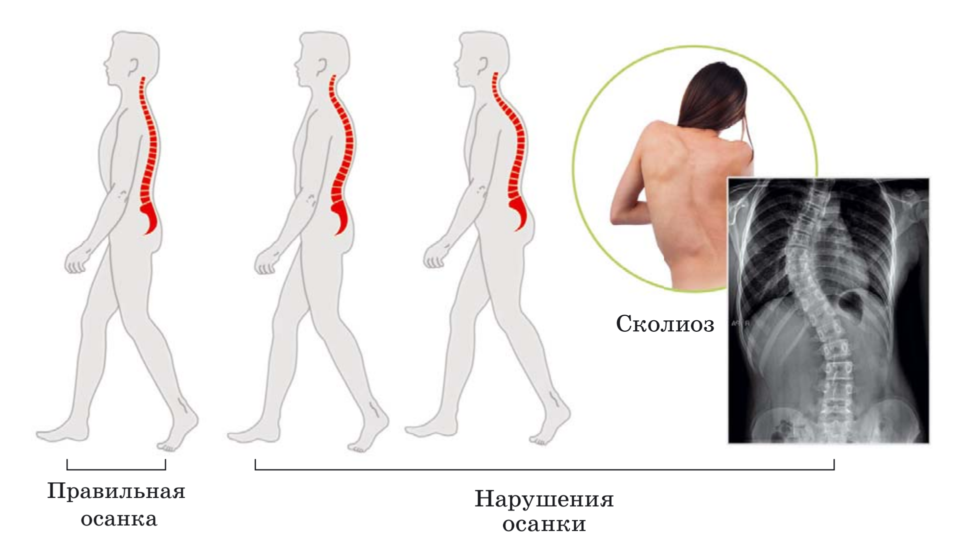



**Рис. 21.1.** Правильная осанка и её нарушения

ными сводами стоп. Люди с хорошей осанкой стройны, держат голову прямо или слегка откинув назад, живот у них втянут. Мышцы таких людей упруги, движения собранные, чёткие. Правильная осанка способствует нормальной работе органов движения и внутренних органов, что в конечном счёте способствует повышению работоспособности.

При нарушениях осанки голова выдвинута вперёд, грудная клетка уплощённая или впалая, плечи сведены кпереди, живот выпячен. Поясничный и грудной изгибы позвоночника сильно выражены, наблюдается «круглая спина».

Дефекты осанки возникают в тот период, когда в позвонках и других костях грудной клетки ещё много хрящевой ткани. Если школьник, сидя за столом, принимает неправильную позу, держит одно плечо выше другого, носит тяжести в одной руке, у него неизбежно возникает искривление позвоночника — *сколио́з*. При сколиозе плечи, лопатки и кости таза располагаются асимметрично. Это приводит как к внешним нарушениям, так и вызывает расстройство в работе сердца, лёгких, желудка, кишечника и ряда других органов брюшной полости.

## Что такое плоскостопие?

Широко распространённым дефектом скелета и мышц является *плоскосто́пие* (рис. 21.2). Оно может возникнуть при длительном стоянии, переносе больших тяжестей или ношении узкой обуви, туфель на высоких каблуках. При плоскостопии связки растягиваются, стопа уплощается. Происходит перенапряжение мышц, появляются сильные боли в ступнях, лодыжках и голени, изменяется походка. В конечном счёте нарушается осанка, а из-за ухудшения кровоснабжения быстро возникает чувство усталости в ногах, часто сопровождающееся ломотой, болями, а иногда и судорогами.

Для профилактики плоскостопия рекомендуется ходить босиком по неровной поверхности, а также заниматься спортом. Следует




**Рис. 21.2.** Нормальная и плоская стопа

носить обувь с задником и со шнуровкой, с эластичной гнущейся подошвой и небольшим каблуком.

При значительно выраженном плоскостопии применяют специальные стельки — *супинáторы*, которые поддерживают стопу. Это улучшает положение не только стопы, но и костей голеностопного, коленного и тазобедренного суставов.

## Как следует действовать в случае повреждений связок и костей?

Вследствие неловких движений или ушибов повреждаются связки, соединяющие кости в суставе, и происходит *растяжéние*, а в случае стойкого смещения суставных концов костей — *вы́вих*. Нередко при вывихе суставная сумка растягивается, повреждаются суставные связки. Вокруг сустава возникает сильная боль, появляется припухлость, иногда кровоизлияние. Чаще всего повреждения происходят в голеностопном (подвёртывается нога) или лучезапястном (падение на согнутую и вытянутую кисть) суставах, реже — коленном или локтевом.

Во всех случаях следует использовать обезболивающее средство и к повреждённому месту приложить холод: кусок ткани, смоченной в холодной воде, или пузырь со льдом, а затем, если это растяжение, туго перебинтовать повреждённый сустав для обеспечения неподвижности (рис. 21.3). При вывихе следует придать конечности неподвижность, применив шину на нижнюю конечность, при повреждении руки — фиксирующую повязку.

Кости обладают большой прочностью, однако при ранениях, сильных ушибах, падениях может происходить полное или час-

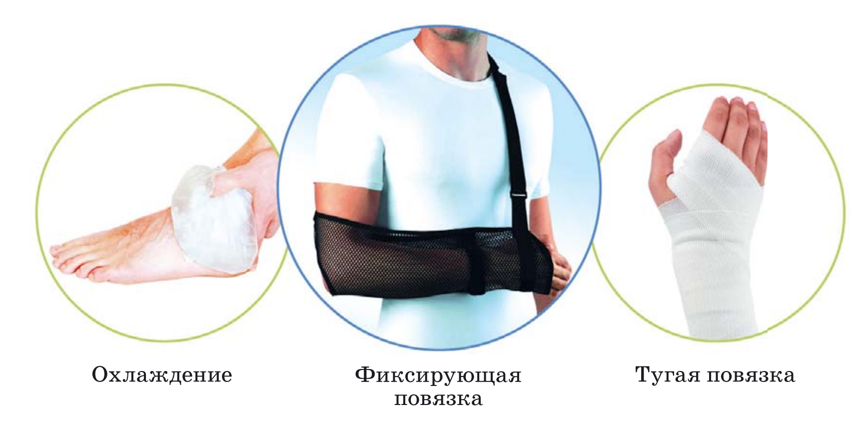



**Рис. 21.3.** Первая помощь при ушибах и растяжениях



**Рис. 21.4.** Первая помощь при переломах

тичное нарушение целостности кости — *перело́м*. В этом случае в месте повреждения возникает резкая боль, усиливающаяся при прикосновении, а движения становятся невозможными. Часто при переломах можно наблюдать ненормальную подвижность конечности, или же она имеет неправильное положение. В случае открытого перелома кожа повреждена, из раны видны отломки кости. Самим пытаться вернуть сломанную кость в нормальное положение нельзя, так как при этом острые концы в месте перелома могут повредить мышцы и сосуды.

Первая помощь при переломах заключается в остановке кровотечения, если это открытый перелом, и в обеспечении неподвижности кости, что достигается наложением шин (рис. 21.4). Под шину следует положить вату (или марлю, мягкую ткань), а потом уже плотно прибинтовать к конечности. Шина должна захватывать два сустава: один выше, другой ниже места перелома. Но не при всяком переломе можно наложить шину. Так, когда есть подозрение на перелом ребра, пострадавшему предлагают постараться выдохнуть из лёгких как можно больше воздуха и после этого дышать неглубоко. При таком положении грудной клетки её туго забинтовывают. Стянутые в положении выдоха рёбра совершают очень ограниченные движения при дыхании.

Особенно осторожно следует обращаться с людьми, у которых повреждён череп или позвоночник. В этом случае лучше всего вызвать «скорую помощь» и до прибытия врача не перемещать пострадавшего с места.

В случае с ушибом, вывихом, а тем более переломом, после оказания первой помощи пострадавшему следует срочно вызвать «скорую помощь».



Гиподинамия. Осанка. Сколиоз. Плоскостопие. Супинатор. Растяжение. Вывих. Перелом.

## Вопросы и задания

**1.** Какие изменения возникают в костях и мышцах под влиянием мышечных тренировок? **2.** Чем вредна гиподинамия? **3.** Почему при подготовке уроков или в течение учебного дня в школе необходимы физпаузы, т. е. активный отдых? **4.** Что вызывает искривление позвоночника? **5.** Почему развивается плоскостопие и что делать, чтобы его избежать? **6.** Почему при оказании первой помощи нельзя вправлять вывих или сломанную кость?

**Практические работы:** «Определение мышечной силы руки», «Выявление нарушений осанки и наличия плоскостопия», «Оценка подготовленности человека к занятиям физической культурой».

## Знаете ли вы, что...

С развитием общества человеку приходится затрачивать всё меньше мышечных усилий. Поэтому так важны для современного человека занятия физической культурой и спортом.

Быстрая ходьба, бег, плавание, танцы, теннис относят к *аэро́бным* (от греч. *аэр* — воздух) упражнениям, которые увеличивают снабжение тканей кислородом.

Способность человека выдерживать физические нагрузки, вызванные аэробными упражнениями, зависит главным образом от состояния мышечной массы и готовности сердечно-сосудистой системы переносить и распределять в организме достаточное количество кислорода, поступающего в процессе дыхания. Слабые, нетренированные мышцы не способны на значительное физическое усилие.

*Силовы́е упражне́ния* включают в первую очередь укрепление и увеличение размера мышц. Это отжимание, поднятие тяжестей, упражнения для брюшного пресса. Во многих спортзалах для таких занятий есть специальные тренажёры. Тяжесть груза на них изменяется в зависимости от вашей физической силы. Так можно контролировать нагрузку и добиваться большей эффективности.

Некоторые упражнения по развитию мускулатуры требуют прикладывать силу к неподвижным тренажёрам. Это так называемые *изометри́ческие упражне́ния*. Мускулы в этом случае работают на пределе своих возможностей, и у подростка может резко подняться артериальное давление. Таких упражнений в этом возрасте лучше не делать.

Чтобы подготовить мышцы к нагрузкам, необходимо их «разогреть». Для этого хорошо подходят упражнения на растяжку. Мышцы становятся эластичнее, а суставы более подвижными, и это значительно снижает риск травм и серьёзных повреждений. Растяжка достигается наклонами, поворотами, вращениями.

Пик нарастания массы костной ткани приходится у мужчин на 25–27 лет, а у женщин — на 23–25 лет. Причём кости постоянно перестраиваются на всех уровнях: молекулярном, клеточном, тканевом, органном и системном.

## Из истории науки



В 1680–1681 гг. посмертно было опубликовано сочинение Дж. Борелли, в котором он объяснил процессы движения животных и работу мышц на основе принципов механики.

В 1791 г. Л. Гальвани, изучая действие электрических разрядов на мышцы лапок лягушек, открыл феномен животного электричества.

В 1922 г. присуждена Нобелевская премия А. Хиллу за работы по термодинамике мышечной деятельности и О. Мейергофу за открытие зависимости между потреблением кислорода и образованием молочной кислоты в мышцах.

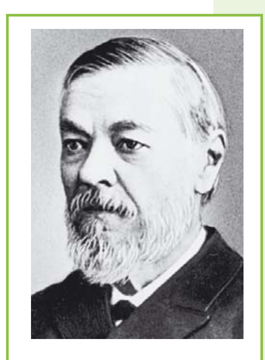
**Сеченов Иван Михайлович** (1829–1905)

Русский естествоиспытатель, мыслитель, основоположник русской физиологической школы, создатель естественнонаучного направления в психологии, член-корреспондент Петербургской академии наук с 1869 г.

В 1863 г. в журнале «Медицинский вестник» опубликовал статью «Рефлексы головного мозга».

В 1866 г. опубликовал работу «Физиология нервной системы», в которой изложил новаторские идеи в области физиологии.

В 1901 г. вышла в свет работа «Очерки рабочих движений человека», которая положила начало изучению гигиены труда.



**И. М. Сеченов**



### Выбираем профессию

*Тре́нер* — это «эталон», который стремится превзойти практически каждый спортсмен. И именно тренеры доказывают, что невозможного в спортивном мире не существует, ведь главное — это труд и сила воли, над совершенствованием которых они работают со спортсменом каждый день. Современный профессиональный тренер никогда не достигнет высоких результатов без знания анатомии, физиологии и биохимии. Тренер обязан знать, как работает тело человека, чтобы подготовить спортсмена к достижению наилучших результатов. Он готовит план тренировок и составляет их таким образом, чтобы его подопечный был готов к соревнованиям на пике формы. Тренер подбирает правильное меню, распорядок дня для спортсмена. Сейчас во многих видах спорта почти достигнут предел человеческих возможностей и для взятия новых рекордов важна каждая мелочь.

## Выводы по главе «Опора и движение»

Систему опоры и движения составляют скелет и мышцы. Скелет включает: кости, хрящи и объединяющие их в единое целое суставы, связки и другие соединения. Скелетные мышцы осуществляют активные движения, перемещая пассивные рычаги — кости.

Развитие мозга и речи привело к преобладанию мозгового черепа над лицевым, уменьшению челюстей. Скелет человека приспособлен к прямохождению и к трудовой деятельности.

Скелетные мышцы действуют только по сигналам из центральной нервной системы. Энергия, необходимая для сокращения, образуется при окислении глюкозы и других органических веществ в мышцах.

Малая подвижность — гиподинамия — приводит к ослаблению мышц и организма в целом.

При травмах скелета и мышц меры первой помощи должны быть направлены на уменьшение боли и транспортировку пострадавшего в медицинское учреждение.

### Темы докладов, рефератов, презентаций, проектов

1. Биомеханика и современная робототехника.
2. Архитектура и бионика.
3. Фитнес и его направления.
4. Как организм человека управляет движениями?
5. Гиподинамия — болезнь неподвижного образа жизни.

# Глава 5
# ВНУТРЕННЯЯ СРЕДА ОРГАНИЗМА

## § 22. Состав и функции внутренней среды организма

Клетки организма не могут осуществлять свои жизненные функции без притока питательных веществ и кислорода и непрерывного удаления продуктов собственной жизнедеятельности. Вещества проникают сквозь клеточную мембрану, только находясь в растворённом состоянии.

### Что такое внутренняя среда и какими свойствами она обладает?

Тело человека на две трети состоит из жидкости. Бо́льшая её часть обнаруживается внутри клеток, а меньшая находится в постоянном движении. Это жидкости (рис. 22.1) *вну́тренней среды́ органи́зма — межкле́точная* (*тка́невая*) *жи́дкость*, *кровь* и *ли́мфа*.

Внутренняя среда обеспечивает обмен веществ между всеми клетками организма и постоянно изменяющейся окружающей средой. Она имеет при этом относительно постоянный состав и физико-химические свойства. Однако это постоянство не абсолютное, а относительное и динамичное. Для характеристики состояний внутренней среды и процессов, создающих устойчивость в организме, используют понятие гомеостаза. В зависимости

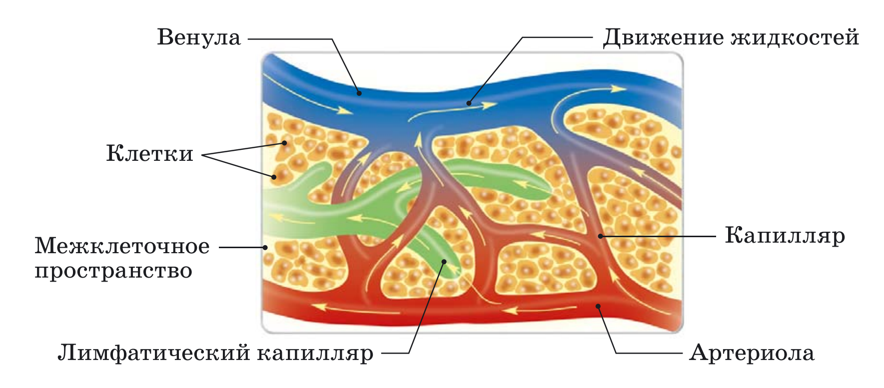



**Рис. 22.1.** Движение жидкостей организма

от внешних условий свойства внутренней среды могут меняться, но очень незначительно и лишь для того, чтобы восстановить нарушенное равновесие. Так, даже небольшие сдвиги в концентрации отдельных ионов в крови способны вызвать трагические последствия. А вот колебания отдельных показателей, например глюкозы или жиров, приведут к нарушениям в работе только при очень сильном недостатке или избытке.

## Что представляют собой межклеточная жидкость и лимфа?

*Межкле́точная жи́дкость* — это часть внутренней среды организма, схожая по составу с плазмой, заполняющая пространство между клетками в тканях.

Клетки организма не соприкасаются напрямую с кровью, а омываются межклеточной жидкостью. Через неё они получают из крови питательные вещества и кислород и удаляют продукты распада; её состав непрерывно обновляется.

Некоторое количество межклеточной жидкости вместе с взвешенными в ней клетками проникает в лимфатические капилляры. Движущаяся в них бесцветная жидкая соединительная ткань, не содержащая эритроцитов, но с большим содержанием лейкоцитов, — *ли́мфа* (от лат. *лимфа* — влага) — по сосудам лимфатической системы поступает в кровь. Этот процесс называют *лимфоотто́ком*.

## Гиппократ считал, что кровь — один из соков человеческого тела. Чем на самом деле она является?

*Кровь* — жидкая соединительная ткань ярко-алого или тёмно-красного цвета, находящаяся в сосудах кровеносной системы. Кровь и органы, в которых образуются и разрушаются её клетки, — костный мозг, вилочковая железа, лимфатические узлы, селезёнка и печень — образуют систему крови.

## Каковы функции крови?

Кровь выполняет в организме ряд важных функций. Например, циркулируя по сосудам, кровь обеспечивает транспорт находящихся в ней питательных веществ и продуктов обмена, газов, гормонов. Осуществляя перенос, она обеспечивает жизненно важные функции питания, дыхания, выделения, гормональной регуляции множества процессов. Поэтому кровь является непре-

менным и незаменимым элементом всех функциональных систем органов.

Кровь участвует в поддержании постоянства внутренней среды (гомеостаза). Благодаря непрерывному движению она связывает и объединяет органы в единое целое, участвует в терморегуляции, сохранении постоянной температуры тела.

Защитную функцию крови выполняют лейкоциты. Они обеспечивают иммунитет, защиту от чужеродных агентов, устойчивость к инфекциям. Защитная функция крови проявляется также в способности к самосвёртыванию в месте повреждения сосуда.

## Каков состав крови?

Кровь состоит из *пла́змы* (жидкой части) и *фо́рменных элеме́нтов* (клеток): эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов (кровяных пластинок). Соотношение плазмы и форменных элементов как 55% и 45% (рис. 22.2). У человека количество крови составляет приблизительно 7% массы тела, по объёму это около 5–6 л у взрослых и около 3 л у подростков. В обычных условиях циркулирует не вся кровь. Более 40% её временно накапливается в венах печени, селезёнки и кожи и по необходимости используется организмом.

## Что такое плазма крови?

*Пла́зма* (от греч. *плазма* — образованное) — жидкая часть крови, остающаяся после осаждения форменных элементов. Плазма состоит из воды с растворёнными в ней неорганическими и взвешенными органическими веществами. Из неорганических соединений в наибольших количествах представлены хлориды натрия, калия и кальция. В норме суммарная концентрация всех электро-




**Рис. 22.2.** Состав крови




**Рис. 22.3.** Воздействие на клетку крови (эритроцит) солевого раствора различной концентрации

литов плазмы равна 0,9%. Солевой состав регулируется гормонами коры надпочечников, щитовидной и паращитовидных желёз.

Растворы, которые по своему качественному составу и концентрации солей соответствуют составу плазмы, называют физиологическими растворами. Такие жидкости используются в поддержании жизнедеятельности изолированных от тела органов, а также как временный заменитель крови при кровопотере.

При нарушении баланса электролитов возникает направленный ток воды из клеток или в клетки — осмос, который вызывает соответственно их сморщивание или набухание (рис. 22.3). Направление движения воды определяется соотносительной концентрацией солей по обе стороны клеточной мембраны.

Из других органических соединений в плазме в большом количестве находятся белки, выполняющие различные, но всегда важные функции. Белки придают крови определённую вязкость, что важно для поддержания нормального кровяного давления, удерживают форменные элементы крови от склеивания. С различными белками плазмы связаны защитные, иммунные реакции организма; они обеспечивают свёртывание крови, например белок фибриноген. Плазму крови без фибриногена называют *сы́вороткой кро́ви*. Белки плазмы составляют белковый резерв всего организма. Большинство их синтезируется в печени. Содержание белков постоянно и поддерживается гипоталамо-гипофизарной системой и гормонами щитовидной железы.

В плазме содержится глюкоза, постоянная концентрация которой регулируется гормонами поджелудочной железы и надпочечников. Содержание жиров в крови непостоянно и после приёма жирной пищи может увеличиваться вдвое. Жироподоб-

ное вещество плазмы холестерин при его избытке налипает на стенки сосудов, мешая движению крови. Это явление называют атеросклерозом.

Внутренняя среда организма. Межклеточная (тканевая) жидкость. Кровь. Лимфа. Лимфоотток. Плазма крови. Форменные элементы. Сыворотка крови.



### Вопросы и задания

**1.** Что представляет собой внутренняя среда организма? **2.** Как связаны между собой различные жидкостные среды? **3.** Что такое система крови? **4.** Каковы функции крови в организме? **5.** Что произойдёт, если кровь разбавить 5%-м раствором поваренной соли? **6.** В чём заключается роль плазмы крови?

## § 23. Эритроциты и их роль в организме



До XVIII в. о «реке жизни», как называли кровь ещё со времён Гиппократа, учёные не имели никаких представлений. Знания о том, как устроена кровь, стали накапливаться только с появлением микроскопа.

### Откуда берутся клетки крови?

Процесс их образования — *кроветворе́ние*. Клетки крови формируются в красном костном мозге, располагающемся внутри большинства костей скелета. Основа его — никогда не покидающие костный мозг стволовые клетки. Это универсальные предшественники эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов. Стволовые клетки активно делятся, в результате появляются клетки-предшественники, которые дозревают в костном мозге до форменных элементов, а затем покидают его, устремляясь в сосудистое русло.

### Каково строение эритроцитов?

*Эритроци́ты* (от греч. *эритрос* — красный, *цитос* — клетка), или *кра́сные кровяны́е тельца́*, составляют основную массу форменных элементов крови, придают ей характерную красную окраску. У человека эритроциты без ядер и имеют форму диска с вдавлениями с обеих поверхностей (рис. 23.1). Такая особенность клетки максимально увеличивает её площадь.

Внутри этих клеток находится основной переносчик кислорода — *гемоглоби́н*. Его шарообразная молекула состоит из




**Рис. 23.1.** Состав эритроцита

белка-носителя глобина и активной небелковой части, содержащей двухвалентное железо — гем-железо.

Если взять 1 $мм^3$ крови человека и подсчитать в нём количество эритроцитов, окажется, что в столь малом объёме находится 4,5–5 млн этих клеток. Эритроциты живут до 120 суток, а затем разрушаются в печени и селезёнке. Чем больше эритроцитов разрушается, тем больше образуется в красном костном мозге новых клеток. Этот механизм саморегуляции (гомеостаза) поддерживает постоянное число эритроцитов в крови. Однако при неполноценном питании, кровопотерях, перенесённых инфекционных заболеваниях их число снижается.

При определённых условиях количество эритроцитов может и увеличиваться. Например, при подъёме в горы наблюдается активное образование новых эритроцитов. Данное явление широко используется при подготовке спортсменов к соревнованиям, когда их сознательно тренируют в среднегорье.

## Какую функцию выполняют эритроциты?

Гемоглобин переносит кислород из лёгких к тканям и углекислый газ из тканей к лёгким.

В лёгких гемоглобин присоединяет кислород и переходит в окисленную форму — оксигемоглобин, а отдавая его в капиллярах, превращается в восстановленный гемоглобин. Данный процесс можно представить в виде уравнения реакции: $Hb + O_2 \rightleftarrows HbO_2$. Знак обратимости показывает на лёгкость, с которой эти процессы протекают в организме.

Часть восстановленного гемоглобина присоединяет углекислый газ, содержащегося в клетках и тканях, образуя карбогемоглобин: $Hb + CO_2 \rightleftarrows HbCO_2$, который поступает в лёгкие и выводится с выдохом. Бóльшая часть углекислого газа переносится плазмой.

Гемоглобин легко связывается и с угарным газом: $Hb + CO \rightarrow$ $\rightarrow HbCO$, но медленно отдаёт его, и кровь утрачивает способность поглощать кислород — наступает кислородное голодание. Отравление угарным газом очень опасно и может привести к гибели.

С азотом, основным компонентом воздуха, гемоглобин не взаимодействует.

А что будет, если число эритроцитов или объём крови снизится? Уменьшение объёма крови, числа эритроцитов или содержания гемоглобина ниже нормы называют *анеми́ей* (от греч. *а* — отрицательная частица, *хайма* — кровь), или *малокро́вием*. В результате организм испытывает постоянный недостаток кислорода, что особенно сказывается на функции головного мозга. Признаками малокровия является бледность кожных покровов, одышка, слабость, головокружение и обмороки с потерей сознания.

Причины анемии — большие или постоянно повторяющиеся кровопотери, нарушение кроветворения и образования эритроцитов, химические и пищевые отравления, недостаток железа, травмы, психические потрясения. В некоторых случаях малокровие может быть вызвано наследственными или инфекционными заболеваниями. Так, при малярии происходит распад эритроцитов.

Солнце, свежий воздух, закаливание, двигательная активность, полноценное питание — основные факторы профилактики анемии.

## У всех ли людей кровь одинаковая?

У людей встречается кровь четырёх основных групп: I, II, III и IV. Кровь всех групп одинаково полноценна в качественном отношении. Группа крови постоянна и не изменяется в течение жизни, передаётся по наследству как два признака, полученные от отца и матери. У детей не может быть признаков крови, отсутствующих у родителей. Принадлежность к той или иной группе крови не зависит от расы, национальности или пола.

Групповая принадлежность крови зависит от содержания в эритроцитах и плазме особых склеивающих веществ (белков) — *агглютиноге́нов* А и В (на эритроцитах) и *агглютини́нов* $\alpha$ и $\beta$ (в плазме). Комбинации агглютиногенов и агглютининов в крови определяют разные группы крови (табл. 1).

В крови человека не должны присутствовать одноимённые склеивающие вещества, например А и $\alpha$, В и $\beta$. Если это произойдёт, эритроциты склеятся (рис. 23.2) и закроют просвет кровеносного сосуда. На этом механизме и построена система переливания крови.

*Таблица 1*

**Группы крови**

| Группа крови | Агглютиногены (на эритроцитах) | Агглютинины (в плазме) | Эритроциты |
|---|---|---|---|
| I (0) | Отсутствуют | α и β | |
| II (A) | A | β | |
| III (B) | B | α | |
| IV (AB) | AB | Отсутствуют | |

## Можно ли переливать кровь одного человека другому?

При больших потерях крови резко нарушаются питательная, дыхательная, регулирующая и стабилизирующая температуру функции крови. Организм теряет большое количество воды. Это может привести к серьёзным последствиям и даже к гибели. В связи с необходимостью возмещения потерянной крови и другими медицинскими показаниями прибегают к её переливанию.

При переливании обязательно учитывают совместимость групп крови донора (человека, дающего кровь) и реципиента (принимающего её) по нескольким факторам (рис. 23.3).

Кровь I группы можно переливать всем. Поэтому людей с I группой крови называют *универса́льными до́норами*. Однако им можно переливать кровь только I группы: в других случаях

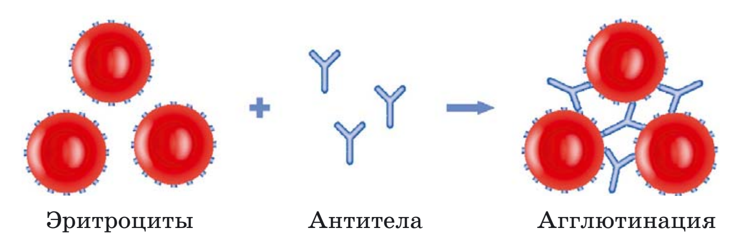



**Рис. 23.2.** Агглютинация

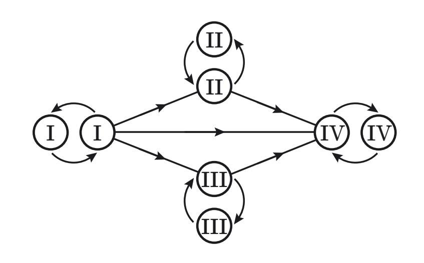



**Рис. 23.3.** Совместимость групп крови

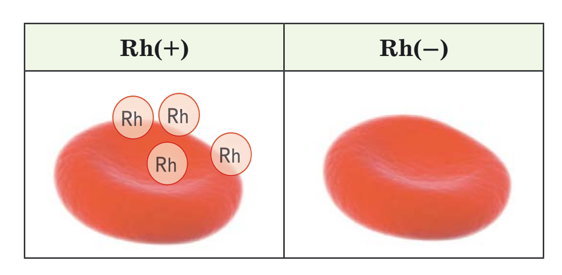



**Рис. 23.4.** Резус-фактор

произойдёт склеивание эритроцитов. Кровь II группы можно переливать людям, имеющим II и IV группы, а донорскую кровь III группы — людям с III и IV группами.

Людям с IV группой крови можно переливать кровь от доноров с I, II, III и IV группами. Поэтому их называют *универса́льными реципие́нтами*.

В настоящее время в практической медицине по возможности переливают кровь только идентичных групп — «группа в группу»: реципиенту со II группой крови переливают донорскую кровь II группы и т. д.

## Что такое резус-фактор?

В 1940 г. у обезьян макак-резус была обнаружена ещё одна разновидность агглютиногена. Он получил название *ре́зус-фа́ктор* (*Rh*) (рис. 23.4).

Какое отношение к нам имеют эти макак-резус и их фактор? Дело в том, что у 85% людей имеется этот белок и лишь у 15% его нет. Большинство оказались *ре́зус-положи́тельными* (*Rh*+), а меньшинство *ре́зус-отрица́тельными* (*Rh*–).

Если перелить кровь с резус-положительным фактором человеку с отрицательным, его иммунная система выработает специальные белки — антитела против донорской крови. При первом переливании последствий не будет, а вот при повторном может произойти склеивание эритроцитов.

Резус-конфликт возникает в том случае, когда мать резус-отрицательная, а отец резус-положительный. Если плод будет резус-положительный, в организме матери начнут вырабатываться антитела. При первой беременности может накопиться немного этих антител, и тогда родится здоровый ребёнок.

Но при повторной беременности, когда антител накопится много, происходит резус-конфликт, сопровождающийся разруше-

нием эритроцитов и приводящий к тяжёлому заболеванию новорождённого или даже его гибели.

В настоящее время в эритроцитах человека обнаружено уже более 200 различных агглютиногенов.



Кроветворение. Эритроцит. Гемоглобин. Анемия (малокровие). Агглютиноген. Агглютинин. Универсальный донор. Универсальный реципиент. Резус-фактор. Резус-положительный (Rh+). Резус-отрицательный (Rh–).

### Вопросы и задания

**1.** Как строение эритроцита обеспечивает его функцию? **2.** В каких случаях делают переливание крови? **3.** Назовите причины, вызывающие малокровие. **4.** О каких белках вы узнали в этом параграфе? **5.** Кто может быть донором для человека с III группой крови и положительным резус-фактором?

**Лабораторная работа** «Микроскопическое строение крови человека и лягушки (на готовых микропрепаратах)».

## § 24. Лейкоциты, тромбоциты и их функции

Помимо эритроцитов, в крови были обнаружены и другие форменные элементы: лейкоциты и тромбоциты.

### Что такое лейкоциты?

*Лейкоци́ты*, или *бе́лые кровяны́е тельца́* (от греч. *лейкос* — белый, *цито* — клетка), — клетки, содержащие ядра, имеют светлую окраску, разнообразную и непостоянную форму клетки (рис. 24.1). Лейкоциты можно наблюдать не только в крови, но и в лимфе.




**Рис. 24.1.** Разновидности лейкоцитов

Движения лейкоцитов напоминают движения амёб. Раздвигая ложноножками клетки, образующие стенки сосудов, лейкоциты выходят из них и проникают в межклеточное пространство.

Общее число лейкоцитов значительно меньше, чем эритроцитов, и составляет у взрослого человека 4–8 тыс. в 1 мм$^3$ крови. Однако оно может колебаться: увеличение числа лейкоцитов наблюдается при мышечной работе,

эмоциях, воспалительных процессах, после еды. Большое увеличение или резкое уменьшение числа некоторых видов лейкоцитов служит показателем серьёзных нарушений в организме.

Лейкоциты постоянно гибнут в организме в большом количестве. Продолжительность их жизни составляет от нескольких часов до нескольких недель; имеются лейкоциты, которые сохраняются многие годы.

Новые лейкоциты непрерывно образуются в кроветворных органах — красном костном мозге, селезёнке и лимфатических узлах — небольших образованиях, которые находятся во всех частях организма.

## Каковы функции лейкоцитов?

Лейкоциты осуществляют защитные реакции на действия чужеродных бактериальных клеток, грибков, белковых молекул, обеспечивают устойчивость организма — иммунитет.

Некоторые виды лейкоцитов легко проходят через щели в стенках капилляров к местам скопления инородных веществ (рис. 24.2). Раздражителями для привлечения лейкоцитов являются вещества, выделяемые бактериями. Клеточная мембрана обволакивает чужеродную частицу, втягивает её вглубь и переваривает. Одновременно в повреждённом участке тела происходит расширение кровеносных сосудов, кровь усиленно приливает к нему, принося с собой новые порции лейкоцитов. У человека на этом месте происходит покраснение, оно отекает и болит, повышается температура, — возникает воспалительный процесс.

Данное явление было открыто И. И. Мечниковым и получило название *фагоцитóз* (от греч. *фагос* — пожирающий, *цито* — клетка). Осуществляющие его лейкоциты-фагоциты составляют две трети всех белых кровяных телец крови человека. *Воспаление* —

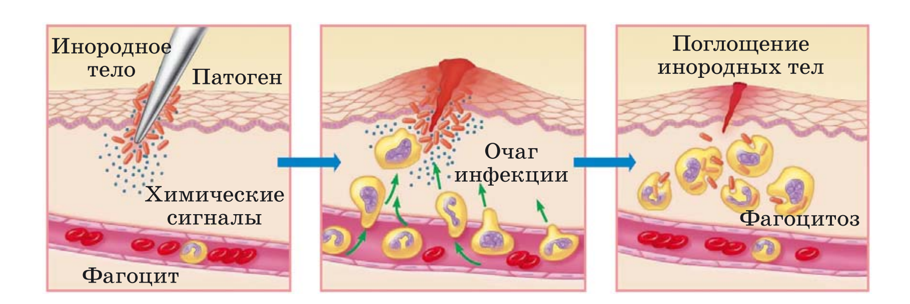



**Рис. 24.2.** Механизм действия лейкоцитов



защитная реакция организма против инфекции. Отдельные фагоциты поглощают до 15–20 частиц, при этом в очаге воспаления они погибают, образуя гной.

Важную роль выполняют лейкоциты и в освобождении организма от собственных отмерших клеток: лейкоциты поглощают отломки мышечных волокон, появляющиеся вследствие их разрыва при физическом напряжении.

## Какую роль играют тромбоциты?

*Тромбоци́ты* (от греч. *тромбос* — сгусток, *цито* — клетка), или *кровяны́е пласти́нки*, — плоские, мелкие, неправильной формы безъядерные образования — «обломки» клеток, живущие лишь несколько суток. Число их в крови человека колеблется от 200 тыс. до 400 тыс. в 1 мм$^3$, причём днём их больше, чем ночью.

Тромбоциты участвуют в свёртывании крови и образовании тромба, поддерживают целостность стенок сосудов. Функции тромбоцитов определяются их подвижностью и способностью склеиваться при повреждении кровеносного сосуда. При этом тромбоциты выделяют вещества, способствующие свёртыванию крови и образованию сгустка.

## Как происходит свёртывание крови?

*Свёртывание кро́ви* — защитная реакция, выражающаяся в образовании тромба из нитей белка *фибри́на* и остановке кровотечения при нарушении целостности сосуда. В этом процессе участвуют более двух десятков факторов свёртывания, находящихся в плазме и тромбоцитах, например соли кальция, белки плазмы, витамин К и др.

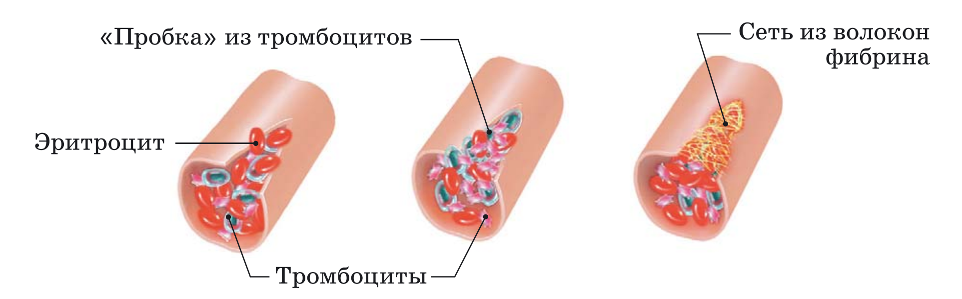



**Рис. 24.3.** Образование тромба

Кровотечение останавливается постепенно (рис. 24.3). Сначала повреждённый сосуд сжимается и открываются сосуды, по которым кровь течёт, минуя место повреждения. Затем тромбоциты слипаются и закрывают повреждённый сосуд сгустком. Эта «пробка» из тромбоцитов лишь приостанавливает кровотечение. На заключительной фазе этого многоступенчатого процесса появляется тромб, плотно закрывающий повреждённый участок сосуда. Основой тромба являются нерастворимые нити белка фибрина, образующегося из растворённого в плазме *фибриноге́на*.

## В составе крови есть всё необходимое для свёртывания, но она остаётся жидкой. Почему?

Кровь остаётся жидкой за счёт противосвёртывающих веществ — *антикоагуля́нтов* (от греч. *анти* — против, лат. *коагулянс* — вызывающий свёртывание). Свёртывание крови замедляется при низкой температуре, действии некоторых лекарств, например аспирина. Симпатическая нервная система, адреналин, гормоны задней доли гипофиза ускоряют свёртывание.

Уменьшение текучести, ускорение свёртываемости крови может повлечь *тромбо́з* — образование и налипание на стенки сосуда сгустка, затрудняющего ток крови. Тромбоз артерий нарушает кровоснабжение органов, может привести к *инфа́ркту* — омертвению их тканей. При тромбозе в полостях сердца и венах может произойти нарушение проходимости сосуда оторвавшимися частями тромба. Образование внутрисосудистых тромбов и развитие тромбоза могут быть следствием атеросклеротических и воспалительных изменений в сосудах, механических травм — переломов, ушибов.



Лейкоцит. Фагоцитоз. Воспаление. Тромбоцит. Свёртывание крови. Фибрин. Фибриноген. Антикоагулянт. Тромбоз. Инфаркт.

## Вопросы и задания



**1.** Какие особенности строения лейкоцитов позволяют им оказываться на месте воспаления? **2.** Почему при получении донорской крови в неё добавляют вещества, осаждающие соли кальция? **3.** Какое биологическое значение для организма имеет фагоцитоз? **4.** Почему сгустки крови обычно бывают красного цвета? **5.** Объясните, почему кровь в кровеносных сосудах остаётся жидкой. **6.** Что такое тромбоз и чем он опасен?

# § 25. Иммунитет



В Древнем Риме иммунным называли гражданина, обладающего личной неприкосновенностью и свободного от уплаты налогов. Забытое с тех времён слово обрело второе рождение с конца XIX в. в связи с развитием новой науки — иммунологии.

## Почему организму жизненно необходима система защиты?

Человека окружает множество микроорганизмов. Около трёхсот видов их поселяется на теле человека, на наружных покровах, слизистых ротовой, носовой и других полостей. Некоторые из них являются возбудителями инфекционных заболеваний.

Заражение происходит после проникновения, закрепления и размножения возбудителей в крови. Возбудители инфекционных болезней попадают вместе с пылью, частичками слюны заражённого человека, через одежду, предметы обихода, переносятся насекомыми, грызунами и другими животными. Наиболее опасно заражение через повреждённые покровы — в этом случае возбудители сразу же оказываются в крови.

Однако организм обладает *иммунитéтом* (от лат. *иммунитатис* — освобождение, избавление) — системой защитных механизмов, сдерживающих размножение болезнетворных микробов и создающих его устойчивость.

В широком смысле иммунитет — невосприимчивость организма к антигенам — генетически чужеродным структурам, а также способность избавляться от собственных переродившихся, утративших нормальные функции клеток, например клеток опухоли.



В организме иммунитет обеспечивается иммунной системой — совокупностью центральных (костный мозг, тимус) и периферических (селезёнка, лимфатические узлы, скопления лимфоидной ткани в стенках тонкого кишечника) органов (рис. 25.1).

Иммунитет является важным компонентом гомеостаза и ответной реакцией на непрерывные воздействия болезне-

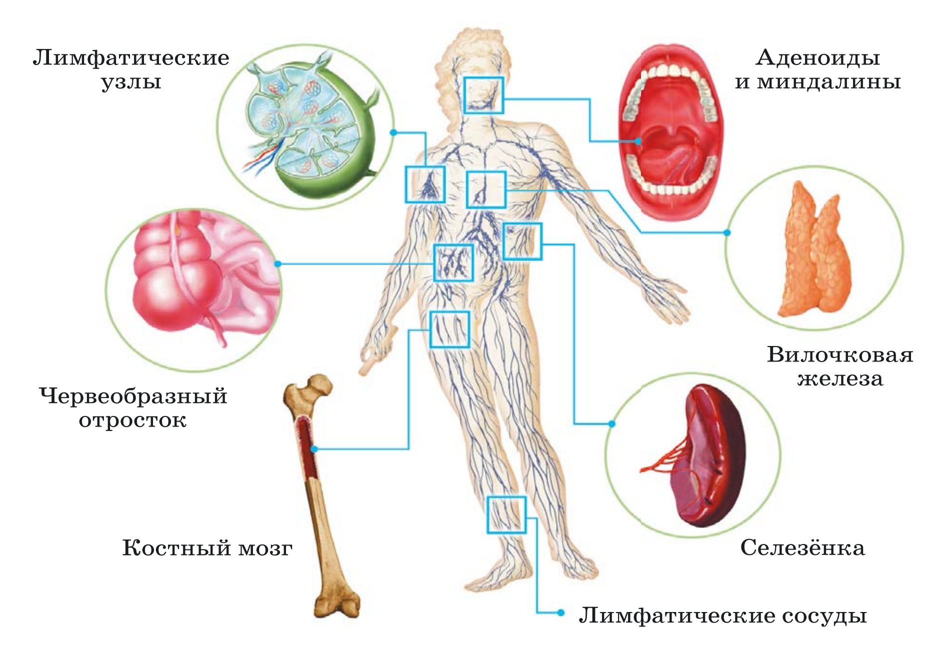



**Рис. 25.1.** Органы иммунной системы

творных микроорганизмов. Любые сбои в этой системе или недостаточная её активность являются главной причиной болезней.

## Что изучает иммунология?

*Иммуноло́гия* — это наука об иммунитете, т. е. о защитных реакциях организма, направленных на сохранение его целостности и биологической индивидуальности. Она изучает механизм образования и способы управления иммунитетом и разрабатывает методы диагностики, лечения и профилактики болезней.

## Иммунология — наука новая. Но есть ли у неё предыстория?

Иммунология началась с бытового наблюдения: люди, перенёсшие инфекционное заболевание, обычно могут без опасности для себя ухаживать за людьми во время эпидемий этой болезни. В 1796 г. английский врач Э. Дженнер впервые разработал способ искусственной иммунизации против натуральной оспы путём заражения человека коровьей оспой.

Начало иммунологии как науки положило открытие, сделанное в 1880 г. Л. Пастером. Он обнаружил, что введение курам

холерной культуры создаёт у них устойчивость к заражению. Учёный сформулировал основной принцип создания вакцин и получил вакцины против сибирской язвы и бешенства.

В 1882 г. И. И. Мечников открыл явление фагоцитоза и сформулировал клеточную, или фагоцитарную, теорию иммунитета.

Чуть позже Э. Беринг показал, что в ответ на введение микробов и их ядов в организме вырабатываются защитные вещества — *антитела́* (от греч. *анти* — против) — специфические белки, образующиеся в ответ на введение антигенов и нейтрализующие их путём связывания.

*Антиге́ны* (от греч. *анти* — против, *генос* — рождение) — клеточные или крупномолекулярные образования, вызывающие иммунный ответ. Различают внутренние антигены, образующиеся в результате обмена веществ, и внешние — пищевые и бытовые вещества, вызывающие усиленный иммунный ответ. Последние чаще называют аллергенами.

В начале XX в. П. Эрлих выдвинул гуморальную теорию иммунитета, согласно которой все иммунные процессы происходят в жидких средах организма.

Во второй половине XX столетия появилась синтетическая теория: экспериментальные и клинические исследования подтвердили правильность представлений этих выдающихся учёных.

## Какие существуют виды иммунитета?

Различают *неспецифи́ческий иммуните́т* — защитные реакции, возникающие на любой антиген, и *специфи́ческий*, который образуется на конкретный антиген и от действия которого организм становится защищённым.

В каждом типе выделяют *некле́точный*, или *гумора́льный*, *иммуните́т* и *кле́точный*. Неспецифический гуморальный иммунитет обеспечивают кожа и слизистые, представляющие внешний барьер и секретирующие бактерицидные вещества: лизоцим слюны и интерфероны, а также выделения микроорганизмов-симбионтов, поражающие другие микробы; клеточный — фагоциты.

В специфическом иммунитете участвуют особые лейкоциты — В- и Т-лимфоциты. В-лимфоциты образуются в лимфатических узлах миндалин глотки и стенках кишечника, а Т-лимфоциты — в тимусе (вилочковой железе) (рис. 25.2). Далее с током крови они поступают во все органы и ткани лимфатической системы.

В-лимфоциты участвуют в выработке антител, способных нейтрализовать определённые антигены, растворяя или склеивая их.




**Рис. 25.2.** Участие В- и Т-лимфоцитов в специфическом иммунитете

Таким образом они обеспечивают специфический гуморальный иммунитет. Т-лимфоциты узнают и уничтожают чужеродные и собственные мутантные, опухолевые клетки, т. е. создают специфический клеточный иммунитет.

В практике современной медицины применяют пересадку, или трансплантацию, многих органов. Т-лимфоциты представляют главную преграду для этого, отторгая пересаженный орган.

## Говорят о врождённом и приобретённом иммунитете. В чём их различие?

Специфический иммунитет (рис. 25.3) может быть *врождённым* и *приобретённым*. При врождённом иммунитете готовые антитела передаются по наследству. Этим объясняется несовместимость групп крови, невосприимчивость человека ко многим болезням животных.

При приобретённом иммунитете антитела вырабатываются в течение жизни.

*Акти́вный иммуните́т*, как естественный, так и искусственный, возникает после перенесённого заболевания или введения




**Рис. 25.3.** Врождённый и приобретённый иммунитеты

*вакци́ны* (от лат. *вакка* — корова) — ослабленной культуры возбудителя. *Пасси́вный иммуните́т* возникает после введения *лече́бной сы́воротки* с готовыми антителами или при передаче их плоду через плаценту и ребёнку с молоком матери.

Приобретённый иммунитет чаще всего является относительным. Активный иммунитет более стойкий и длительный. При некоторых заболеваниях, например натуральной оспе, он сохраняется всю жизнь, при других (корь, скарлатина) — многие годы, но по наследству не передаётся. Пассивный иммунитет наступает через несколько часов после введения антител и действует от 2–3 недель до нескольких месяцев.

По мере накопления новых фактов в области иммунологии человечество будет ограждено от многих пока ещё недостаточно изученных болезней. Учёные ищут способы продления активной работы иммунной системы, так как с её угасанием связано наступление старости.



Иммунитет. Иммунология. Антитела. Антигены. Виды иммунитета: неспецифический, специфический; гуморальный, клеточный; врождённый, приобретённый; активный, пассивный. Вакцина. Лечебная сыворотка.

### Вопросы и задания

**1.** Как происходит попадание в организм чужеродных тел? **2.** Какова роль Э. Дженнера, Л. Пастера, И. И. Мечникова, П. Эрлиха в становлении теории иммунитета? **3.** Что такое В-лимфоциты и какова их роль в иммунитете? **4.** В чём опасность снижения количества в крови Т-лимфоцитов? **5.** Что нужно взять с собой врачу в очаг вспыхнувшего инфекционного заболевания — вакцину или сыворотку? Свой ответ аргументируйте.

## § 26. Дефекты иммунной системы

В словаре иноязычных слов термин «дефект» переводится как «недостаток, изъян, недочёт». К дефектам иммунной системы организма относят аллергии и иммунодефициты.

### Как узнали об аллергии?

Термин *«аллерги́я»* (от греч. *аллос* — другой, *эргон* — действие) был введён в начале XX в. К. Пирке. Им врач обозначал повышенную или пониженную чувствительность к антигену.

Двумя годами ранее Ш. Рише провёл следующий эксперимент: из высушенных и измельчённых морских беспозвоночных он сделал жидкие растворы и вводил подопытным млекопитающим. После повторного введения в кровь вытяжки морских кораллов у подопытных собак возникала реакция — слабость, понос, судороги.

Было установлено, что это иммунологическая реакция. Как и выработка антител, она отличается сугубой специфичностью, но в результате вырабатывается не устойчивость к антигену, а повышенная и извращённая реакция на него.

Такой усиленный ответ назвали *аллерги́ей*. Аллергия — другая сторона иммунитета, который, оказалось, может быть и врагом.

### Что или кто вызывает аллергию?

Любое вещество, вызывающее аллергию, называют *аллерге́ном*. Аллергены входят в состав многих пищевых продуктов: ягод, овощей, фруктов, мяса и др. Попадающие извне аллергены — не только продукты. Ими могут быть микробы, вирусы, домашняя пыль, шерсть животных, пыльца растений, лекарства.

В воздухе и на окружающих нас предметах много аллергенов. При контакте с пыльцой растений возникает аллергическое заболевание — *поллино́з* (от лат. *поллин* — пыльца). Замечено, что



наиболее ярко выраженными аллергическими свойствами обладают дикорастущие злаки и некоторые ветроопыляемые деревья и кустарники.

Другие аллергены образуются при инфекционных заболеваниях сердца — ревматизме, почек — нефрите, печени — гепатите. Они появляются в тканях, повреждённых при травме, ожоге, отморожении, облучении.

Проблема аллергии в высокоразвитых странах переросла в проблему экологического характера. Так, учёные считают, что распространение аллергии является отражением глобального экологического кризиса.

## Все ли люди подвержены аллергии?

Чаще аллергия развивается лишь при индивидуальной предрасположенности, передаваемой по наследству, — *аллерги́ческом диате́зе* (от греч. *диатезис* — предрасположение). Из-за повышенной проницаемости кровеносных капилляров аллергены легко проникают через органы дыхания и пищеварения в ткани. Похожая на аллергию реакция развивается у страдающих наследственной чувствительностью к определённым веществам.

## Как развивается аллергическая реакция?

Введение аллергена иммунизирует организм, повышая его чувствительность. При вторичном введении вследствие сложных преобразований происходит синтез гистамина, вызывающего расширение кровеносных сосудов, сокращение гладкой мускулатуры и другие вегетативные реакции, сопровождающие аллергию. Существуют аллергены, которые при повторном введении всегда вызывают аллергию, например инъекции чужеродных белков.

## Каковы наиболее известные аллергические заболевания?

Известно много заболеваний, в основе которых лежит аллергия. При *бронхиа́льной а́стме* (от греч. *астма* — одышка) периодические приступы удушья возникают вследствие сужения, спазма бронхов и закупорки их густой слизью.

Аллергическими могут быть и *экзе́мы* (от греч. *экзема* — высыпание на коже) — незаразные заболевания, для которых характерны зуд и разнообразная сыпь (пятна, узелки, пузырьки и др.) на любых участках кожи.

Аллергия вызывает образование антител, разрушающих собственные эритроциты, и способствует развитию анемии.

## Что представляют собой иммунодефициты?

К ним относят заболевания, вызванные недостаточной активностью иммунной системы. При *наслéдственных иммунодефици́тах* организм быстро погибает от инфекции. *Приобретённые иммунодефици́ты* возникают вследствие радиационного облучения, химического отравления, голодания, травм, воспалений, вирусных заболеваний (ВИЧ-инфекция).

## Является ли ВИЧ-инфекция иммунодефицитом?

Аббревиатура СПИД означает *синдрóм приобретённого иммунодефици́та* — заключительная стадия вирусного заболевания, вызванного ВИЧ (вирусом иммунодефицита человека). При иммунодефицитах невозможны специфические иммунные реакции, так как при *ВИЧ-инфéкции* поражаются Т-лимфоциты и организм становится беззащитным перед любым заболеванием.

Впервые СПИД зарегистрирован в 1981 г., когда среди молодых людей городов Нью-Йорка и Лос-Анджелеса была выявлена необычная эпидемия тяжёлых воспалений лёгких и редкой опухоли кожи. Вирус иммунодефицита человека был открыт чуть позже, и сейчас он достаточно подробно исследован.

В настоящее время учёным хорошо известны и источники заражения, и пути передачи ВИЧ-инфекции: беспорядочные половые связи, повторное использование медицинского инструмента и игл для инъекций от заражённых, контакты «больная мать — ребёнок» во время беременности, в период родов и при вскармливании грудным молоком, донорские органы и ткани (кожа, костный мозг, роговица, сухожилия и др.), донорская кровь.

Было установлено, что ВИЧ не передаётся по воздуху, при рукопожатии, через вещи, посуду, предметы обихода. Главная опасность ВИЧ-инфекции состоит в том, что вирус долго не проявляет себя. За эти сроки носитель инфекции может заразить других людей, ничего не подозревая о своём состоянии. Поэтому важно знать о существовании такой болезни, как ВИЧ-инфекция, путях её распространения и мерах предосторожности.



Аллергия. Аллерген. Поллиноз. Аллергический диатез. Бронхиальная астма. Экзема. Иммунодефицит. СПИД. ВИЧ-инфекция.



## Вопросы и задания

**1.** Какие дефекты иммунной системы были рассмотрены в параграфе? **2.** Почему аллергию называют дефектом иммунной системы? **3.** Назовите основные причины роста численности людей, страдающих аллергией. **4.** Какие социальные группы людей относят к группе риска при заболевании ВИЧ-инфекцией?

## Знаете ли вы, что...

В России первая прививка от натуральной оспы была сделана 11 октября 1768 г. Екатерина II разрешила сделать царапину на руке наследника Павла. «Оспенную материю» взяли от больного А. Маркова, крестьянского сына семи лет. За это ему было пожаловано дворянство и дана фамилия Оспенный.

В течение жизни кроветворные органы человека вырабатывают около 3000 л крови.

Наибольшее количество крови потребовалось американцу У. Джиричу, страдавшему гемофилией, в 1970 г. В ходе операции на сердце ему было перелито 1080 л крови.

Синтез одной молекулы гемоглобина занимает в красном костном мозге 90 с.

Один лейкоцит может поглотить до 30 бактерий, и через час все они оказываются переваренными внутри клетки крови.

Один донор 624 раза за свою жизнь сдавал кровь. Общее количество её составило приблизительно 156 л.



## Из истории науки

В 1673 г. голландский натуралист А. Левенгук, рассматривая каплю крови в микроскоп, обнаружил эритроциты.

В 1819 г. в Лондоне было осуществлено первое переливание крови от человека человеку.

В 1872–1877 гг. А. А. Шмидт сформулировал ферментативную теорию свёртывания крови.

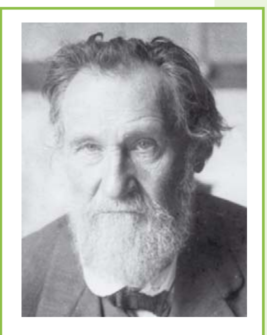
В 1901–1907 гг. К. Ландштейнер и врач Я. Янский установили существование четырёх групп крови у человека.

В 1940 г. К. Ландштейнер и А. Винер открыли резус-фактор.

**Мечников Илья Ильич** (1845–1916)

Выдающийся русский учёный, с 1883 г. член-корреспондент Петербургской академии наук, а с 1902 г. её почётный член. Основал первую русскую бактериологическую станцию.

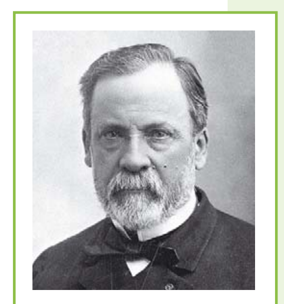
В 1883 г. И. И. Мечников открыл явление фагоцитоза и сформулировал теорию воспаления как защитную реакцию организма. В 1908 г. ему совместно с П. Эрлихом была присуждена Нобелевская премия в области физиологии и медицины.



**И. И. Мечников**

**Луи Пастер** (1822–1895)

Французский учёный, положивший начало развитию микробиологии как науки. С 1862 г. член Парижской академии наук. В 1879 г., исследуя микробы куриной холеры, Пастер обнаружил, что введение ослабленных микробов не вызывает гибели кур, но делает их невосприимчивыми к болезни. Это открытие привело к разработке метода предупредительных прививок, которые явились эффективным средством борьбы с заразными заболеваниями.

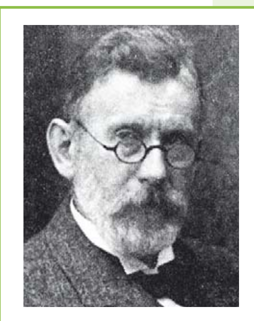


**Л. Пастер**

**Пауль Эрлих** (1854–1915)

Немецкий бактериолог, изучавший иммунитет, методы лечения инфекционных заболеваний и химию лекарственных веществ. В 1897–1901 гг. предложил промышленные методы изготовления противодифтерийной и других сывороток. Описал разные формы лейкоцитов, показал значение костного мозга и лимфатических органов в кроветворении. За создание гуморальной теории иммунитета в 1908 г. ему была присуждена Нобелевская премия совместно с И. И. Мечниковым.

В 1907–1912 гг. создал ряд препаратов, которые произвели революцию в лечении опасных инфекционных заболеваний.



**П. Эрлих**

## От учёных



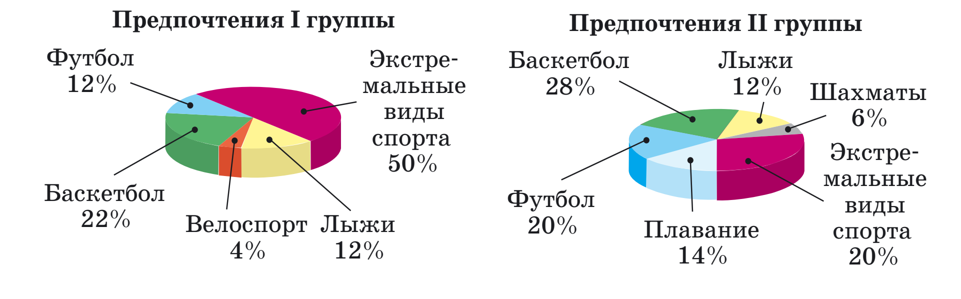
В конце XX в. учёные установили, что у большинства народов Азии, Африки и Европы присутствуют все четыре группы крови. Правда, у европейцев II (A) группа встречается намного чаще, чем III (B), но чем дальше на восток, тем больше распространена III (B) группа. У американских индейцев абсолютно преобладает I (0) группа крови. Интересно, что у эскимосов и близких к ним чукчей с северо-востока Сибири преобладает I (0) группа.

*Таблица 2*

**Распределение групп крови по системе AB0 у разных народов, %**

| Народность | 0 (I) | A (II) | B (III) | AB (IV) |
|---|---|---|---|---|
| Англичане | 43,5 | 44,7 | 8,6 | 3,2 |
| Арабы | 44,0 | 33,0 | 17,7 | 5,3 |
| Венгры | 29,9 | 45,2 | 17,0 | 7,9 |
| Голландцы | 46,3 | 42,1 | 8,5 | 3,1 |
| Индийцы | 30,2 | 24,5 | 37,2 | 8,1 |
| Китайцы | 45,5 | 22,6 | 25,0 | 6,9 |
| Русские | 32,5 | 35,8 | 23,2 | 8,1 |
| Японцы | 31,1 | 36,7 | 22,7 | 9,5 |

В результате многолетнего анализа спортивных результатов было установлено, что у людей разных групп крови есть склонности к различным видам спорта.



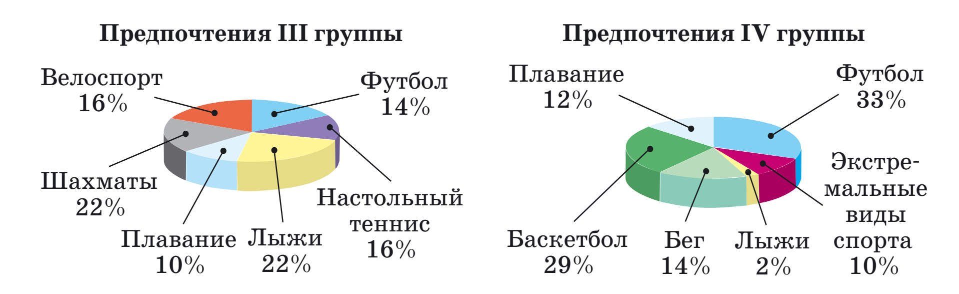




**Рис. 26.1.** Кровь и предпочтения в занятиях спортом



### Выбираем профессию

*Гематóлог* — врач, изучающий кровь, работу кроветворных органов и заболевания крови. Его работа состоит в исследовании проб донорской крови, костного мозга; проведении научных экспериментов с кровью и её заменителями; разработке методов диагностики и лечения заболеваний крови, выявлении их причин. Важна также лечебно-профилактическая работа гематолога с пациентами, предусматривающая приём больных, назначение анализов крови, подбор схемы лечения заболеваний и проведение бесед для их предупреждения.






## Выводы по главе «Внутренняя среда организма»

Внутренняя среда организма образована кровью, лимфой и тканевой жидкостью.

Кровь состоит из плазмы и форменных элементов.

Эритроциты транспортируют к тканям кислород и частично уносят углекислый газ.

Лейкоциты уничтожают чужеродные тела и вещества. Тромбоциты участвуют в свёртывании крови.

Способность организма реагировать на чужеродные вещества и уничтожать их называют иммунитетом. Различают иммунитет врождённый (видовой и индивидуальный) и приобретённый (естественный и искусственный).

Изучение механизмов иммунитета позволило разработать предохранительные прививки вакцины и лечебные сыворотки.

Изучение иммунитета разрешило причины аллергии, тканевой несовместимости, сделало возможным переливание крови.



### Темы докладов, рефератов, презентаций, проектов

1. Рыцари борьбы с инфекционными заболеваниями — П. Эрлих, Л. Пастер, И. И. Мечников.
2. Аллергия и аллергены.
3. ВИЧ и СПИД: что необходимо знать.
4. Разгаданная тайна крови.
5. Антибиотики: открытие XX в.

# Глава 6
# КРОВООБРАЩЕНИЕ

## § 27. Движение крови и лимфы в организме

Чтобы к органам поступали питательные вещества и кислород, кровь должна постоянно двигаться по кровеносным сосудам. Ещё в конце XVII в. голландский врач Ван Хорн писал, что «тело человеческое построено из кровеносных сосудов».

### Что обеспечивает движение крови?

Кровь поступает из сердца в сосуды, проходит по кровяному руслу и возвращается в сердце, которое опять проталкивает её по сосудистой сети. Такое непрерывное движение крови в организме называют кровообращением. Органами кровообращения являются сердце и замкнутая система кровеносных сосудов.

### Что представляют собой сосуды?

Кровеносные сосуды — полые трубки с трёхслойными стенками (рис. 27.1). Внутренний слой образован плоскими, плотно примыкающими друг к другу клетками. Средний — состоит из гладких мышц и эластичных волокон. Сокращение и расслабление мышц изменяют кровоток в участке сосуда. Это важно для приспособления к физическим и психическим нагрузкам. Наружный слой представлен соединительной тканью.

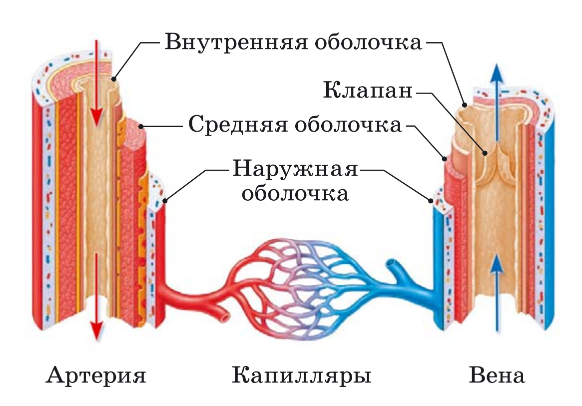
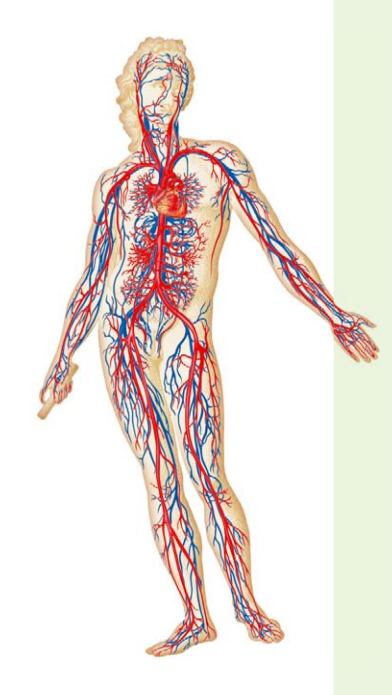



**Рис. 27.1.** Кровеносные сосуды



*Арте́рии* (от греч. *аэро* — воздух, *терео* — содержать) — сосуды, по которым кровь движется от сердца. Самая крупная артерия — *ао́рта*. Стенки артерий эластичные, достаточно плотные, упругие и неспадающиеся. Они выдерживают высокое давление крови. В древности их уподобляли трахее.

В теле артерии разветвляются на более мелкие — артериолы, которые затем плавно переходят в самые мелкие сосуды — *капилля́ры* (от лат. *капиллярис* — волосной). Это самые тонкие сосуды кровеносной системы с очень тонкой стенкой. Через стенки капилляров происходит обмен веществ и газов между кровью и тканевой жидкостью.

Из венозной части капиллярной сети кровь собирается сначала в мелкие, но уже многослойные венулы, а затем в крупные *ве́ны*, по которым поступает в сердце. Стенки вен содержат мало гладкомышечных волокон, они тонки и растяжимы, поэтому в венах накапливается (депонируется) почти половина имеющейся крови в организме. Она составляет резерв и при физической нагрузке включается в кровооборот.

В крупных венах имеются состоящие из трёх перекрывающихся створок *кла́паны* (от нем. *клаппе* — заслонка). Они предотвращают обратный ток крови.

Движение крови происходит по двум замкнутым системам сосудов — *большо́му* и *ма́лому круга́м кровообраще́ния*. Роль сердца заключается не только в нагнетании крови в артерии, но и в перераспределении её между двумя системами.

## В чём особенность большого, или телесного, круга?

Из левого желудочка сердца в момент его сокращения насыщенная кислородом артериальная кровь выбрасывается в *ао́рту* — самую крупную артерию (рис. 27.2). Из неё кровь поступает в крупные артерии, которые по мере удаления от сердца ветвятся, переходят в артериолы и далее в капилляры, густой сетью пронизывающие все органы.

От аорты идут сосуды, несущие кровь к голове, — сонные артерии, к верхним конечностям — подключичные артерии.

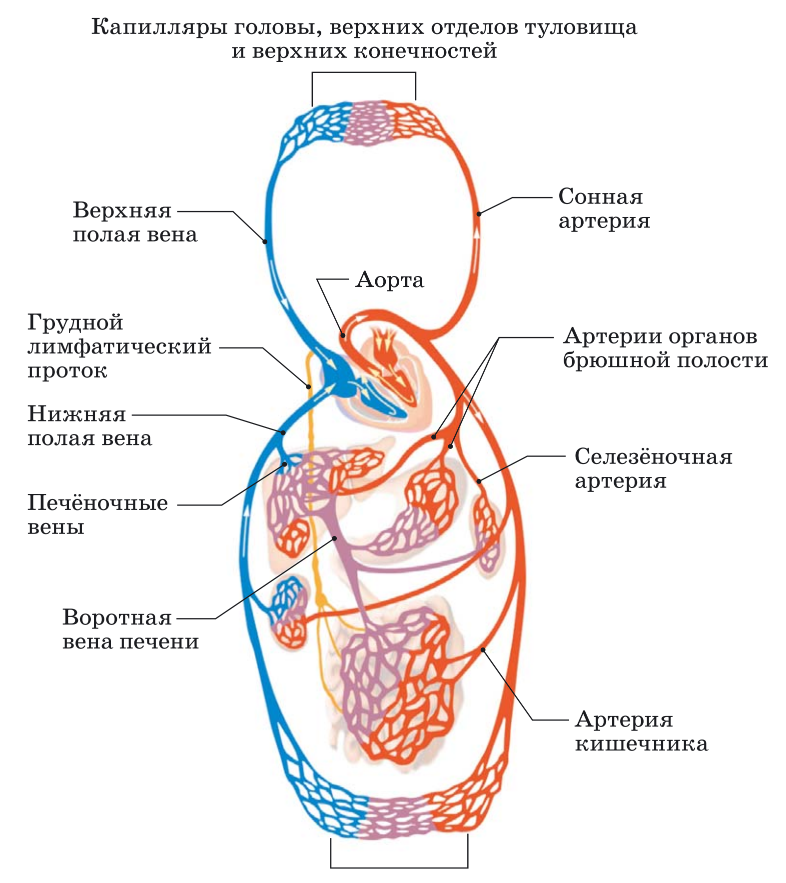



**Рис. 27.2.** Большой круг кровообращения

От брюшной части аорты кровь поступает к внутренним органам брюшной полости, а в тазовой области формируются подвздошные артерии, снабжающие кровью нижние конечности.

Сосудистая система как бы повторяет общий план строения тела. Основные сосуды конечностей разветвляются соответственно костям скелета. В плечах и бёдрах проходит по одной основной артерии, в предплечьях и голенях — по две. В конечностях крупные артерии располагаются в толще мышц и на более защищённой стороне сгибателей.

В капиллярах артериальная кровь отдаёт кислород и питательные вещества в тканевую жидкость, а из неё забирает продукты жизнедеятельности клеток. Забрав углекислый газ, она

превращается в венозную кровь, более тёмную, чем артериальная. Венозная система, начинающаяся венозными капиллярами и венулами, несёт кровь в две большие полые вены, заканчивающиеся в правом предсердии сердца.

Верхняя полая вена собирает кровь от органов, расположенных выше сердца, а нижняя — от органов, находящихся ниже его.

Сосудистые системы, образованные венами, вторично распадающимися в органах на капилляры, которые вновь собираются в вены, выходящие из органа, называют *воро́тными*. Так, из капилляров кишечника кровь по воротным венам направляется в печень. В печени они распадаются на множество капилляров, которые, пройдя через орган, далее сливаются в печёночные вены, впадающие в нижнюю полую вену.

Воротная система печени обеспечивает запасание питательных веществ и обезвреживание всосавшихся при пищеварении ядовитых продуктов.

Кроме печени воротные системы есть в почках, гипофизе.

Итак, большой круг кровообращения — это путь артериальной крови из левого желудочка через артерии, капилляры, где она превращается в венозную, и по венам — до правого предсердия.

Из правого предсердия венозная кровь попадает в правый желудочек, из которого по малому кругу направляется в лёгкие.

## В чём особенность малого, или лёгочного, круга?

Из правого желудочка сердца венозная кровь нагнетается в лёгочный ствол и далее по лёгочным артериям направляется в лёгкие (рис. 27.3). В них лёгочные артерии разветвляются на артериолы и далее капилляры, густо оплетающие лёгочные пузырьки — альвеолы.

Через стенки капилляров и альвеол происходит газообмен: венозная кровь отдаёт углекислый газ и обогащается кислородом, превращается в артериальную.

Артериальная кровь от лёгких по четырём лёгочным венам поступает в левое предсердие. Насыщенная кислородом артериальная кровь из левого предсердия поступает в левый желудочек.

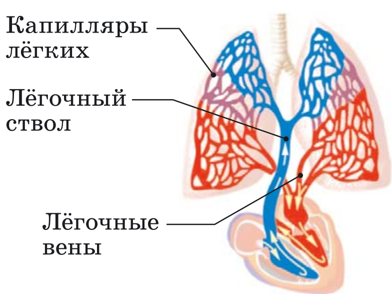



**Рис. 27.3.** Малый круг кровообращения

По большому кругу кровь движется примерно 21–23 с, по малому — 4–5 с, а общее время кругооборота составляет 25–27 с.

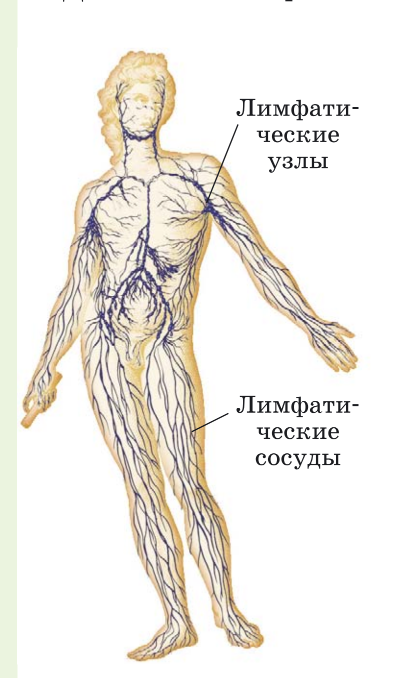
## А как питается само сердце?

Так как сердце является постоянно работающим насосом, оно нуждается в усиленном питании. Несколько секунд обойтись без кровотока может даже мозг, но не сердце. Секундная закупорка сосудов сердца тромбом — причина мгновенной смерти. Приблизительно 1/10 часть крови, выбрасываемой в аорту, идёт на кровоснабжение сердечной мышцы.

Путь крови в сердце — часть большого круга кровообращения. От аорты к сердечной мышце отходят две артерии, которые «опоясывают» сердце и поэтому называются *коронáрными* (от лат. *коронариус* — венечный). Они образуют сеть мелких артериол и капилляров, из которых венозная кровь собирается в вены, вливающиеся в правое предсердие.

## Что такое ток лимфы (лимфоотток)?

Лимфа непрерывно движется по сосудам лимфатической системы и только в одном направлении: из тканей — в кровь. Движение лимфы называют *лимфооттóком*. Лимфа образуется из тканевой жидкости в лимфатических капиллярах, сеть которых пронизывает все органы. Лимфатические капилляры замкнуты с одной стороны и напоминают пробирку.




Капилляры собираются в лимфатические сосуды, сливающиеся в протоки, впадающие в вены большого круга кровообращения вблизи сердца. В лимфатической системе имеются *лимфати́ческие узлы́*. Особенно много их в шейной, подмышечных и паховых областях, локтевых и подколенных ямках. Лимфатические узлы — органы иммунной системы. В них созревают В-лимфоциты, происходит фагоцитоз, они участвуют в кроветворении.

Лимфатическая система — дренажная. На движение лимфы, как и на движение крови, влияют мышечные сокращения. При долгом лежании лицо отекает, при стоянии отекают ноги. После движений

отёки пропадают: скопившаяся в тканевых промежутках лимфа попадает в лимфатические протоки, а затем к сердцу.

Артерия. Капилляр. Вена. Клапан. Большой и малый круги кровообращения. Аорта. Воротная вена. Коронарные, или венечные, сосуды. Лимфоотток. Лимфатический узел.

## Вопросы и задания

**1.** Какое значение имеет кровеносная система? **2.** Какова связь строения кровеносных сосудов с их функциями? **3.** Какие различия имеют артерии, вены и капилляры? **4.** Как изменяется кровь в большом круге кровообращения? **5.** Какова главная функция малого круга кровообращения? **6.** По каким венам течёт артериальная кровь? **7.** Почему, когда нарывает палец на руке, иногда происходит увеличение лимфатических узлов в подмышечной впадине?



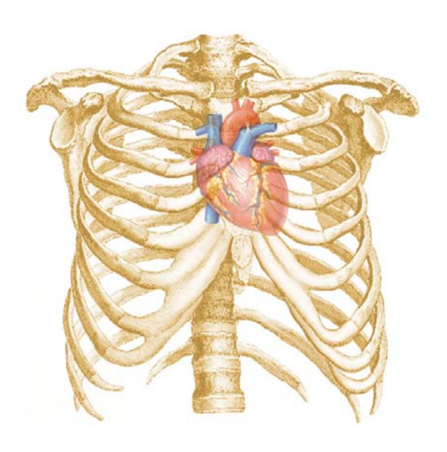
# § 28. Строение и работа сердца



«Людские сердца так же неодинаковы, как и лица», — гласит старинная китайская пословица.

## Где находится сердце и как оно устроено?

Слово «сердце» происходит от слова «середина». Оно располагается в грудной полости сразу позади грудины. В левой половине грудной полости находится 2/3 его, а 1/3 лежит справа. Чтобы узнать размеры своего сердца, достаточно сжать кисть в кулак. Вес сердца взрослого человека составляет примерно 1/200 веса тела — около 340 г. Оно помещается в соединительнотканной околосердечной сумке, наполненной жидкостью. Сумка поддерживает сердце, а жидкость амортизирует толчки, уменьшает трение при сокращениях.



*Се́рдце* — это четырёхкамерный полый орган, состоящий из двух желудочков и двух предсердий (рис. 28.1). Левая и правая половины сердца разделены сплошной перегородкой. Стенка органа трёхслойна: наружный слой состоит из

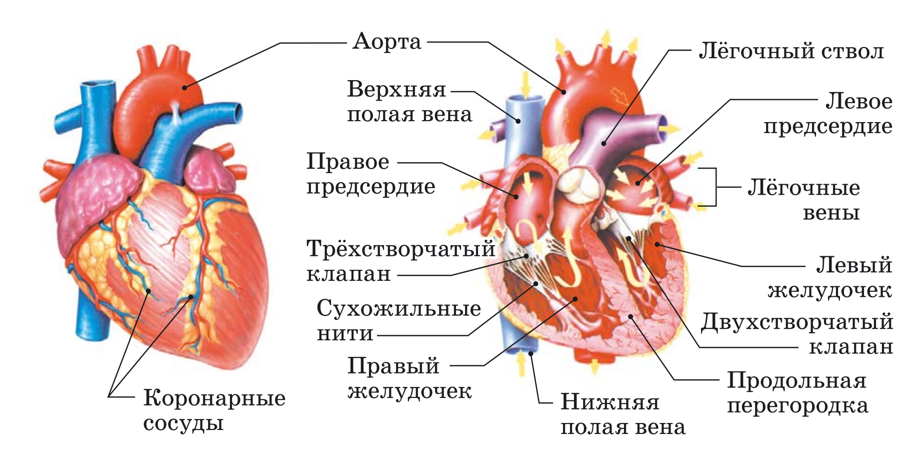



**Рис. 28.1.** Строение сердца

соединительной ткани, внутренний — выстилает его полости, а средний слой представлен сердечной мышцей — *миока́рдом*. Особенно сильно миокард развит в левом желудочке, так как он выполняет большую работу, выбрасывая кровь в большой круг кровообращения.

Особенность сердечной мышцы — это её способность ритмически сокращаться без внешних раздражителей, под влиянием импульсов, возникающих в ней самой. Это свойство называют *автома́тией се́рдца*.

## Каков механизм автоматии?

В сердце находится несколько узлов, клетки которых могут самостоятельно вырабатывать электрические импульсы. Главный — *си́нусный у́зел*, он расположен в правом предсердии и является водителем ритма: задаёт частоту 60–80 сокращений в минуту.

Периодически возникающие в нём электрические импульсы распространяются по проводящей системе сердца к мускулатуре предсердий и желудочков и вызывают строго согласованные сокращения предсердий и желудочков.

## Каким образом сердце перераспределяет кровь между большим и малым кругами?

Между предсердиями и желудочками имеются отверстия, закрываемые *ство́рчатыми кла́панами* (рис. 28.2). В левой половине сердца клапан двухстворчатый (митральный), в правой —

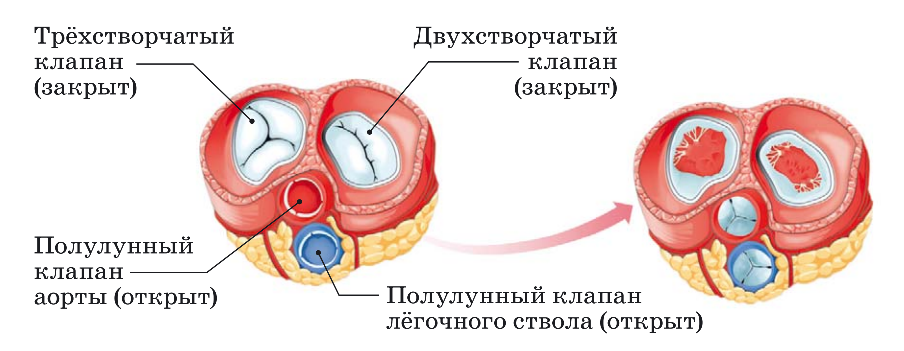



**Рис. 28.2.** Створчатые клапаны сердца

трёхстворчатый. Створки сухожильными нитями соединяются с внутренним слоем стенок желудочков: нити препятствуют выворачиванию клапанов в предсердия.

На границе левого желудочка и аорты, правого желудочка и лёгочного ствола расположены *полулу́нные кла́паны*. Они в виде кармашков закреплены на стенках этих сосудов. Клапаны обеспечивают продвижение крови в одном направлении: из предсердий в желудочки и далее в артерии.

Во время сокращений предсердий кровь поступает в желудочки, а после их наполнения сокращаются желудочки. При сокращении желудочков уменьшается их объём и резко возрастает давление, створчатые клапаны захлопываются и одновременно открываются полулунные. Кровь поступает в аорту и лёгочный ствол. После расслабления миокарда желудочков давление в них становится ниже, чем в сосудах, и обратным током крови полулунные клапаны захлопываются. Во время расслабления сердца предсердия наполняются кровью, открываются створчатые клапаны, и сердечный цикл повторяется.

## Из каких фаз состоит сердечный цикл?

Чередующиеся ритмичные сокращения сердца называют *си́столой* (от греч. *систоле* — сокращение) и расслабления сердца — *диа́столой* (от греч. *диастоле* — расширение).

Период, охватывающий одно сокращение и расслабление, составляет *серде́чный цикл* (рис. 28.3). Он продолжается около 0,8 с и включает три фазы: систола предсердий длительностью 0,1 с, систола желудочков, продолжающаяся 0,3 с, общая диастола (пауза) — 0,4 с.

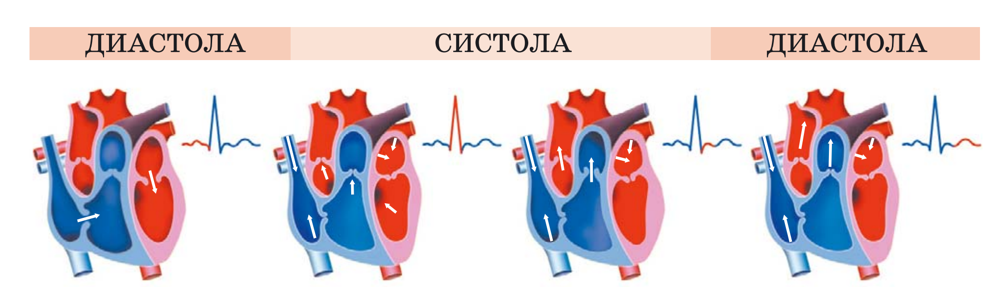



**Рис. 28.3.** Фазы сердечного цикла (стрелками показано направление движения крови)

При физических нагрузках частота сердечных сокращений может возрастать до 150–180 ударов в минуту и продолжительность цикла, особенно общей паузы, уменьшается.

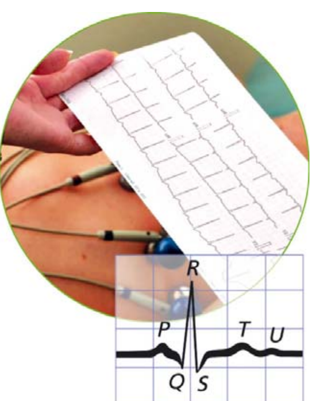
## Насколько велики объёмы крови, выбрасываемые сердцем в каждую систолу?

Во время каждого сокращения в сосуды поступает около 140 мл крови. Причём правый и левый желудочки выталкивают одинаковые её объёмы.

Количество крови, выбрасываемое в аорту за одно сокращение, называют систолическим объёмом. У хорошо тренированных спортсменов он может достигать 100 мл. Это позволяет снабжать ткани кислородом при меньшей частоте сокращений, возрастает производительность сердца.

## На чём основан метод электрокардиографии?

Диагностику сердца определяют путём регистрации его электрической активности — *ме́тодом электрокардиогра́фии* (*ЭКГ*) и прослушиванием тонов.




При регистрации на ленте прибора записывается кривая изменений электрических состояний сердца — электрокардиограмма.

На ЭКГ отчётливо видны пять зубцов: зубец P отражает возбуждение предсердий, зубцы QRS характеризуют возбуждения желудочков. Зубец T регистрируется во время паузы: он показывает процесс восстановления в миокарде. У курящих этот зубец заметно больше.

## Как возникают тоны сердца?

С помощью *фонендоско́па* можно услышать чётко различимые звуки — *то́ны се́рдца*. Во время систолы предсердий слышится первый тон — протяжный, низкий и глухой. Он вызван вибрацией створок клапанов и сухожильных нитей. В начале диастолы, при захлопывании полулунных клапанов обратным током крови, возникает второй тон — короткий, высокий и звонкий. При пороках сердца створчатые клапаны деформированы и плотно не смыкаются, к тонам сердца примешиваются шумы, вызванные колебаниями неплотно прилегающих створок. Порок сердца приводит к смешению артериальной и венозной крови, в результате ткани недополучают всё нужное и накапливают всё, подлежащее удалению.



## Сердце может сокращаться с различной частотой и силой. Как регулируется работа сердца?

Регуляция необходима для изменения сердечной деятельности в зависимости от условий, характера и интенсивности работы. Осуществляется нервной системой и гуморальными влияниями. Так как сердце обладает автоматией, нервная система оказывает на него не пусковое действие, как на скелетную мышцу, а регулирующее. От центральной нервной системы к сердцу подходят симпатические и парасимпатические нервы. Симпатические влияния увеличивают частоту и силу сокращений, а парасимпатические вызывают противоположный эффект — замедление и ослабление числа сокращений.

На интенсивность работы сердца влияют гормоны и некоторые ионы. Например, гормон надпочечников адреналин и ионы кальция влияют подобно симпатической системе, а ацетилхолин и ионы калия — парасимпатической.



Сердце. Миокард. Автоматия сердца. Синусный узел. Клапаны сердца. Сердечный цикл: систола, диастола. Электрокардиография (ЭКГ). Фонендоскоп. Тоны сердца.

## Вопросы и задания



**1.** Почему кровь в сердце движется только в одном направлении: из предсердий в желудочки, а из желудочков в артерии? **2.** От чего

зависят изменения силы и частоты сердечных сокращений при различных состояниях организма? **3.** Почему сердце работает в течение всей жизни без заметного утомления?

**Практическая работа** «Измерение длительности сердечного цикла».

## § 29. Движение крови по сосудам

В древнеегипетском папирусе написано: «Когда целитель трогает своими пальцами какое-то место на теле, он тем самым прикасается к сердцу, ибо оно посредством артерий присутствует в каждом члене тела».

### Почему кровь в сосудах течёт непрерывным потоком?

Сердце сокращается ритмично, и кровь поступает в сосуды порциями, но течёт непрерывно. Непрерывность потока объясняется эластичностью стенок аорты и сопротивлением в сосудах. При возрастании давления в систолу сосуды растягиваются, а по мере уменьшения давления в диастоле — сужаются, сглаживая таким образом пульсацию, создавая непрерывное течение крови.

### Что такое пульс?

При сокращении левого желудочка стенки аорты растягиваются. Возникшая волна колебаний распространяется по артериям. Это и есть *пу́льсовая волна́*, или *пульс* (от лат. *пульсус* — удар, толчок).

Пульс легко нащупать и прослушать (рис. 29.1) на запястье у основания большого пальца — в лучевой артерии и в локтевом сгибе — в плечевой артерии, на шее — в сонной артерии. В норме число ударов пульса в покое составляет 60–80 в минуту. По пульсу судят о сердечной деятельности

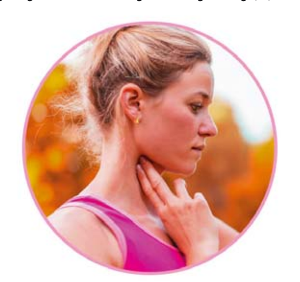




**Рис. 29.1.** Точки измерения пульса

и нарушениях. У здорового человека пульс ритмичный, наполненный. Он резко учащается при физической нагрузке, волнениях, при курении, после употребления чая, кофе. При повышении температуры тела на 1 °C он учащается примерно на 10 ударов. При заболеваниях сердца он становится беспорядочным, изменяется ритм, появляются внеочередные удары.

## Какова скорость течения крови в кровеносных сосудах?

Скорость движения крови в разных сосудах неодинакова. Как видно на графике (рис. 29.2), наибольшая скорость в аорте, а наименьшая — в капиллярах. Суммарный просвет всех капилляров в 1000 раз больше, чем у аорты, поэтому в них меньше давление и скорость течения. Это способствует полному обмену газов, переходу питательных веществ из крови в межклеточную жидкость, а продуктов обмена в кровь. В венах скорость движения крови по сравнению с капиллярами выше, но существенно ниже, чем в артериях.



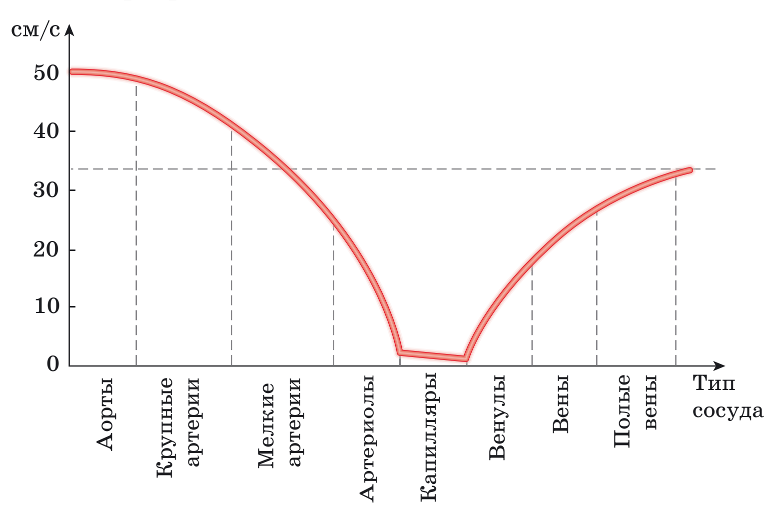



**Рис. 29.2.** Изменение скорости движения и давления крови в разных участках кровеносного русла

## В чём особенности движения крови по венам?

Давление крови в венах невысокое, а её движению способствует остаточная сила, инерция, а также присасывающая сила сердца, грудной полости и давление на вены скелетных мышц. Сокращаясь и расслабляясь, мышцы действуют на вены как периферические насосы, подобные сердцу.

Обратному движению крови в венах препятствуют находящиеся в них клапаны. Поток крови к сердцу прижимает клапаны к стенкам сосудов. При противоположном движении створки клапанов смыкаются и перекрывают просвет вен.

В связи с некоторыми видами профессиональной деятельности человек длительное время вынужден стоять на ногах. Такое положение тела часто вызывает расширение вен нижних конечностей — *вари́козную боле́знь*.

## Равномерно ли снабжаются разные органы кровью?

При непрерывном течении кровь по сосудам распределяется неравномерно (рис. 29.3). У человека в каждый конкретный момент приблизительно 16% всей крови находится в малом круге кровообращения, остальная часть сосредоточена в большом.

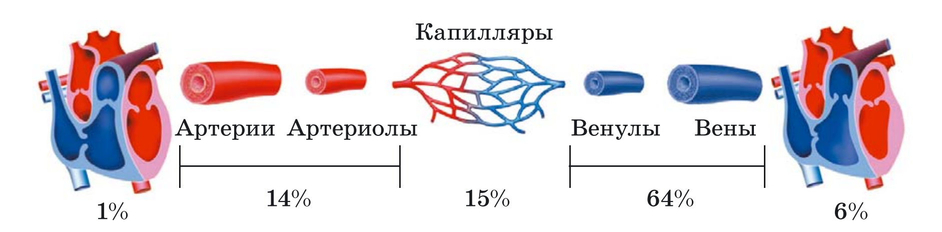



**Рис. 29.3.** Неравномерность распределения крови по сосудам

В спокойном состоянии у человека активно циркулирует чуть больше 50% крови. А её значительная часть находится в кровяных депо — селезёнке, печени, сосудах кожи. Роль депо выполняет и вся венозная система. Депонированная кровь не находится в состоянии застоя и порциями обновляется. Из кровяных депо кровь быстро мобилизуется, и объём циркулирующей крови, необходимой в данный момент органам, возрастает. Поступление крови из кровяных депо могут вызывать физические нагрузки, эмоциональные состояния, кровотечения.

## Почему кровь движется даже во время паузы в сердечном цикле?

Движение крови происходит вследствие не только работы сердца, но и разности давлений в начале и конце кровеносного русла. Давление крови на стенки сосудов называют *кровяны́м давле́нием*. В аорте и лёгочном стволе оно самое высокое, дальше

уменьшается, а в лёгочных и полых венах имеет отрицательное значение. Снижение давления происходит из-за трения крови о стенки сосудов и клеток крови друг о друга. Это трение увеличивает сопротивление в сосудах.

В крупных сосудах сопротивление невелико, а с уменьшением их диаметра возрастает, так как увеличивается суммарный просвет сосудов. Например, сечение аорты составляет всего 8 см$^2$, тогда как просвет всех капилляров в 1000 раз больше. Преодолевая сопротивление, кровь утрачивает часть кинетической энергии, сообщённой ей сердцем, и её давление постепенно снижается. Кровяное давление зависит также от объёма циркулирующей крови и её вязкости. Таким образом, сокращение сердца создаёт начальное давление, а сопротивление сосудов — разность давлений между артериальной и венозной частями.



## Что можно узнать, измеряя давление в сосудах?

Давление измеряют в медицинских целях с помощью *тоно́метра* (от греч. *тонос* — напряжение, *метрео* — измеряю). Максимальное давление наблюдают в плечевой артерии во время систолы желудочков — это *системоли́ческое давле́ние*. У здорового взрослого человека оно около 120 мм рт. ст. Его величина зависит от работы сердца. Минимальное давление регистрируется в период диастолы — *диастоли́ческое давле́ние*. Его величина зависит от сопротивления в сосудах и составляет в норме около 70 мм рт. ст. Давление записывают, разделив чертой значения систолического и диастолического. Например, 120/70 мм рт. ст.

Артериальное давление неодинаково в разном возрасте, выше у крупных людей, повышается под влиянием внешних факторов, при изменении позы, эмоциях, боли, при физической работе, после еды. Во время сна давление понижается. Отмечены погодные, климатические и сезонные колебания давления крови. Оно повышается к концу дня, в конце учебного года.

## Как регулируется артериальное давление?

Артериальное давление зависит от просвета кровеносных сосудов. Сигналы, поступающие из центральной нервной системы

по волокнам симпатической нервной системы, вызывают сужение артерий и артериол и повышение давления. Отсутствие сигналов приводит к расслаблению мышц сосудов. И тогда они расширяются, давление падает. В регуляции артериального давления особая роль принадлежит железам внутренней секреции, в первую очередь надпочечникам. Адреналин, выделяемый ими, вызывает резкое сужение сосудов и повышение давления.



Пульс. Варикозная болезнь. Кровяное давление. Тонометр. Систолическое давление. Диастолическое давление.

### Вопросы и задания

**1.** Чему будет равен пульс человека с температурой тела 39,0 °С, если его нормальный пульс при температуре 36,6 °С составлял 73 удара в минуту? **2.** Как объяснить тот факт, что кровь течёт в сосудах даже снизу вверх (по венам ног к сердцу), преодолевая силу тяжести? **3.** Как и почему изменяется снабжение кровью мышц при переходе от покоя к работе и наоборот? **4.** Почему тонометры используют только при измерении артериального, а не венозного или капиллярного давления?

**Практические работы:** «Измерение кровяного давления», «Определение скорости кровотока в сосудах ногтевого ложа большого пальца руки».

## § 30. Гигиена сердечно-сосудистой системы. Первая помощь при кровотечениях

Неправильный образ жизни и различные злоупотребления способствуют развитию заболеваний сердца и сосудов.

### Почему опасны болезни сердца и сосудов?

Самым распространённым заболеванием, появляющимся с возрастом, является *атеросклеро́з*. При нём стенки артерий уплотняются, теряют эластичность, уменьшается просвет сосуда из-за отложения холестерина (рис. 30.1). Сужение просвета сосуда затрудняет движение крови, нарушается кровоснабжение органов, особенно страдает работа сердца и мозга. Развитию атеросклероза

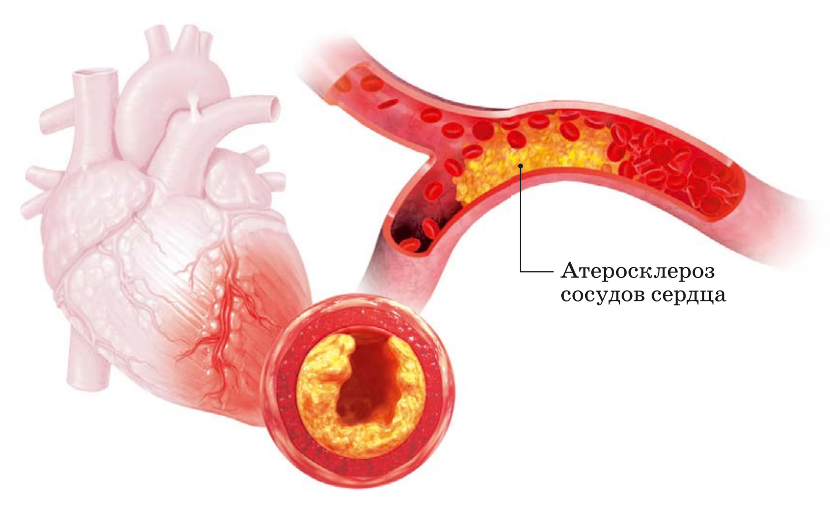



**Рис. 30.1.** Сужение просвета сосуда при атеросклерозе

способствует избыточное питание, малая физическая активность, постоянное эмоциональное напряжение, курение, а также наследственность.

Атеросклероз сосудов сердца сопровождается *стенокарди́ей* (от греч. *стенос* — узкий, тесный; слабый, *кардиа* — сердце) — сужением коронарных артерий, в быту её называют «грудная жаба». При волнениях и переживаниях возникает спазм сосудов в сердце и наступают приступы боли, отдающиеся в левую руку.

Закупорка коронарных артерий вследствие атеросклероза может вызвать омертвение участка сердца — *инфа́ркт мioка́рда*. При атеросклерозе сосудов мозга нарушается мозговое кровообращение, возникают *инсу́льт*, психические отклонения.

Стойкое повышение кровяного давления — основной признак *гипертони́ческой боле́зни*, причинами которой могут быть нервные перенапряжения, психические травмы, нерациональное питание, гиподинамия. Гипертоническая болезнь обычно проявляется после 40 лет и нарастает постепенно. Однако может проявиться и юношеская гипертония как явление переходного возраста. В начальных стадиях ощущаются головные боли, сердцебиение, тяжесть в затылке. Для профилактики атеросклероза и гипертонической болезни необходимо чередовать сон и бодрствование, работу и отдых, правильно организовать труд и быт, соблюдать нормы и режим питания.

## Почему алкоголь и никотин способствуют развитию болезней сердца и сосудов?

Эти вещества вредно влияют на систему кровообращения. Частое и неумеренное употребление спиртных напитков вызывает глубокие изменения в сердце, ожирение сердечной мышцы. У пьющих людей сердце увеличено, наблюдается так называемое «пивное», или «бычье», сердце со слабым и дряблым миокардом (рис. 30.2). Пагубное влияние алкоголя на нервную систему вынуждает сердце усиленно работать.

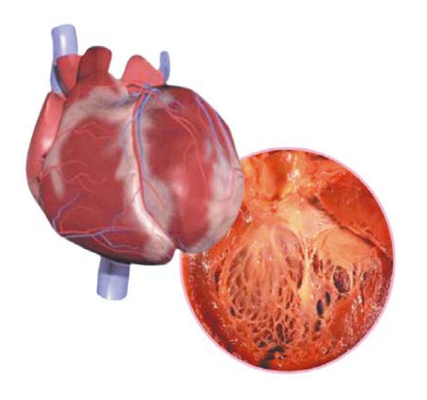


**Рис. 30.2.** «Бычье» сердце

Алкоголь не только растворяет мембраны эритроцитов, снижая содержание гемоглобина в крови, но и вызывает перерождение стенок сосудов, потерю их упругости, повышение кровяного давления.

Никотин расстраивает сердце, нарушает ритм, вызывает перебои. Под его действием сильно и продолжительно суживаются кровеносные сосуды, повышается давление. Особенно чувствительны к никотину сосуды сердца. Из-за их дефектов нарушается питание миокарда, что может привести к инфаркту. Известна «табачная» форма стенокардии.

## Как тренировать сердце?

Доступными формами тренировки сердца и всего организма являются физическая работа, утренняя гимнастика, ходьба, бег, занятия физкультурой. Тренировку сердца следует проводить регулярно с постепенно увеличивающейся нагрузкой. Упражнения не должны вызывать перенапряжения.

Изменение деятельности организма при мышечных движениях органов и систем происходит рефлекторно под влиянием сигналов от рецепторов работающих мышц. Сокращающиеся мышцы давят на сосуды, способствуя движению крови к сердцу («мышечный насос»). В неработающей мышце бо́льшая часть капилляров не функционирует. Таким образом, физический труд и физкультура усиливают функцию органов кровообращения, благотворно влияют на организм человека.

## Если возникло кровотечение, как его остановить?

При нарушении целостности кровеносных сосудов возникают *артериáльные*, *венóзные* либо *капилля́рные кровотечéния* (рис. 30.3). Они могут быть результатом ранений, ожогов и болезней — язвы, туберкулёза.

Наиболее опасно артериальное: кровь из раны вытекает под напором, «фонтанирует». Потеря 1,5–2 л крови угрожает жизни. При повреждении вен кровь изливается медленно, а из капилляров — сочится каплями. Незначительные капиллярные кровотечения прекращаются самопроизвольно вследствие свёртывания крови и образования тромба.

При ранении конечностей их следует приподнять выше уровня сердца, что замедлит поступление в них крови. На небольшую рану достаточно наложить давящую повязку. С этой целью используют перевязочные средства — бинты, тампоны, а в их отсутствие — чистую хлопчатобумажную ткань. При повреждении крупных артерий конечностей рекомендуется согнуть их или прижать пальцем сосуд выше места травмы, ближе к сердцу.

Сильные кровотечения на руках или ногах останавливают наложением эластичного жгута. Его можно заменить полотенцем, ремнём, верёвкой. Свободно обвязать руку или ногу. В образовавшуюся петлю провести палочку. Вращением палки-закрутки останавливают кровотечение.

При артериальных кровотечениях жгут накладывают выше раны, при венозных — ниже. Продолжительность наложения жгута — не более 1 ч, иначе возникнет онемение и даже омерт-



**Рис. 30.3.** Первая помощь при кровотечениях

вение тканей. Поэтому к жгуту прикрепляют записку с указанием времени его наложения. Если пострадавшего в течение этого времени не удаётся доставить в больницу, жгут ненадолго ослабляют для восстановления кровоснабжения конечности.



Атеросклероз. Стенокардия. Инфаркт миокарда. Инсульт. Гипертоническая болезнь. Кровотечения.

## Вопросы и задания

**1.** В чём опасность атеросклероза? **2.** Какое действие оказывает на сердечно-сосудистую систему курение и употребление спиртных напитков? **3.** Чем сердце здорового человека отличается от сердца людей, употребляющих алкоголь или курящих? **4.** Как различить артериальное, венозное и капиллярное кровотечение? **5.** В каком порядке следует оказывать первую помощь пострадавшему при открытом переломе с артериальным кровотечением в области предплечья?

## Знаете ли вы, что...

Наиболее интенсивно сердце растёт в первые годы жизни: к восьми месяцам его масса увеличивается вдвое, к трёхлетнему возрасту утраивается, к пяти годам увеличивается в 4 раза, а к шестнадцати годам — в 11 раз.

В течение суток сердце взрослого человека перекачивает свыше 7000 л, в течение всей жизни (70 лет) — около 175 000 000 л крови.

Замедление ритма работы сердца может вызвать доза ацетилхолина в 0,0000001 мг.

За сутки у взрослого человека кровь совершает 1500–2000 кругооборотов.

Ежедневно сердце расходует количество энергии, которой было бы достаточно для поднятия груза в 900 кг на высоту 14 м.

Если можно было бы уложить все капилляры из тела одного человека концом к концу по одной линии, её длина достигла бы приблизительно 100 000 км, т. е. ею можно опоясать земной шар по экватору 16,1 раза.

У человека около 460 лимфатических узлов.



## Из истории науки

В 1553 г. М. Сервет высказал идею о малом круге кровообращения.

В 1563 г. Б. Евстахий обнаружил грудной лимфатический проток — самый большой лимфатический сосуд тела.

В 1628 г. У. Гарвей в трактате «Анатомическое исследование о движении сердца и крови у животных» изложил основы учения о кровообращении.

В 1661 г. М. Мальпиги описал капилляры в лёгких, соединяющие артерии и вены, анатомически доказав правильность открытий У. Гарвея.

В 1902 г. А. А. Кулябко впервые «оживил» сердце спустя 20 ч после смерти человека.

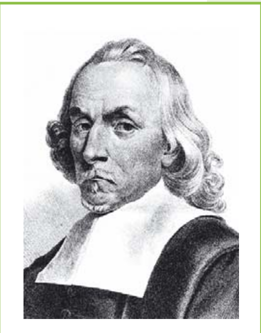
В 1903 г. В. Эйнтховен разработал метод регистрации кардиограммы.

В 1906–1907 гг. Л. Ашофф, С. Тавар, А. Кит и М. Флэк изучили автоматию сердца.

В 1967 г. К. Барнард впервые успешно сделал пересадку сердца пациенту, который прожил после операции 18 суток.

**Уильям Гарвей** (1578–1657)

Выдающийся английский врач, анатом, физиолог и эмбриолог, впервые объяснивший циркуляцию крови в замкнутой системе кровообращения. В опытах на животных он установил, что в теле имеется некоторое постоянное количество крови, которая в результате давления, создаваемого сердцем, движется по замкнутому пути. Выяснил функциональное значение различных отделов сердца и крупных сосудов, описал большой круг кровообращения. Доказал, что понять функцию любого органа можно только на основе детального изучения его структуры.



**У. Гарвей**

Гарвей первым в истории естествознания показал, что печень — барьерный орган, задерживающий многие вредные вещества, попавшие в организм.

## Думаем, исследуем, решаем

Сердце нетренированного человека в состоянии покоя совершает обычно 60–80 сокращений в минуту, а у хорошо тренированного спортсмена таких сокращений бывает около 50 и меньше. При этом каждый желудочек выбрасывает при ударе 50–70 мл крови. Каким образом организм атлета покрывает потребности в кислороде при относительно редких сокращениях сердца?

Расположите животных (курицу, жирафа, человека, лягушку и собаку) в порядке снижения их артериального давления. Ответ обоснуйте.



### От учёных

При заболевании или нарушении функции одного из четырёх клапанов сердца с целью восстановления их работоспособности хирурги-кардиологи заменяют естественные клапаны на протезы — искусственные клапаны. Среди них различают механические и биологические конструкции.



Сомкнутый аортальный биологический клапан



Открытый митральный биологический клапан



Открытый аортальный механический клапан



Открытый митральный механический клапан



## Выводы по главе «Кровообращение»

Транспорт газов, питательных веществ, гормонов выполняет кровеносная система. Через эту систему осуществляется гуморальная регуляция, иммунная защита, терморегуляция.

Кровь движется вследствие разности давлений в начале и конце сосудистого русла и сокращения четырёхкамерного сердца.

Сосудистое русло представлено артериями, капиллярами и венами. В артериях большого круга течёт артериальная кровь, в артериях малого круга — венозная, а в венах — наоборот.

Сердце обладает автоматией и способностью сохранять фазы сердечного цикла: систола (сокращение) предсердий и желудочков, диастола (общая пауза).

Нервная и гуморальная регуляция сердца приспосабливает его работу к потребностям организма.

При травмах следует уметь оказать помощь при кровотечениях, особенно артериальных.



### Темы докладов, рефератов, презентаций, проектов

1. На пути к созданию искусственного сердца.
2. Удивительная история изучения кровообращения.
3. Современные методы исследования сердца.
4. Кардиология вчера, сегодня, завтра.

# Глава 7
# ДЫХАНИЕ

## § 31. Органы дыхания и их значение

«Пока дышу, надеюсь» — так сказал римский поэт Овидий.

### Почему дыхание жизненно необходимо?

Человек, как растения и животные, дышит — поглощает из воздуха кислород и выделяет углекислый газ.

Дыхание — это процесс, похожий на «медленное» горение. Сложные превращения веществ в организме человека и животных идут с обязательным участием кислорода. Он нужен клеткам для окисления органических веществ и образования необходимой для жизнедеятельности энергии. Кислород не запасается, поэтому жизненно необходимо непрерывное его поступление.

*Дыха́ние* — это совокупность процессов, обеспечивающих поступление кислорода, окисление органических веществ и образование энергии и удаление образовавшихся конечных продуктов — углекислого газа и воды.

В результате дыхания поддерживается постоянство газов, температура и кислотно-щелочное равновесие (pH), благодаря способности углекислого газа, растворяясь, образовывать угольную кислоту. Органы дыхания участвуют в выделении жидких и газообразных веществ и голосообразовании.

В дыхании выделяют следующие этапы: внешнее дыхание, или лёгочная вентиляция, газообмен в лёгких, транспорт газов кровью, газообмен в тканях, тканевое и клеточное дыхание (рис. 31.1). Функция дыхания реализуется совместно и кровью, и системой кровообращения.

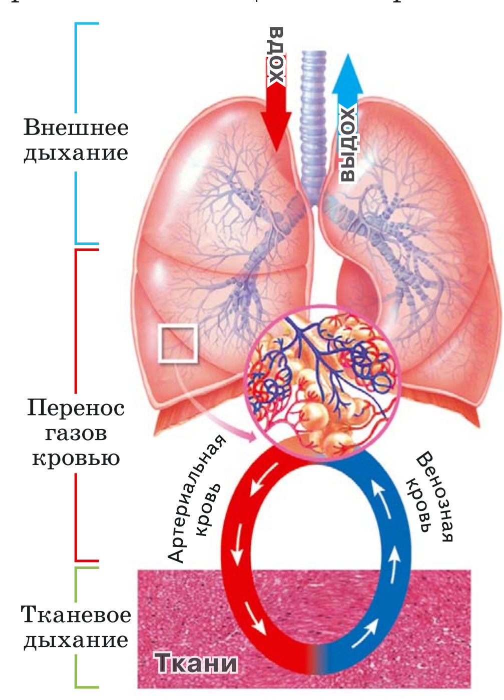



**Рис. 31.1.** Газообмен в лёгких

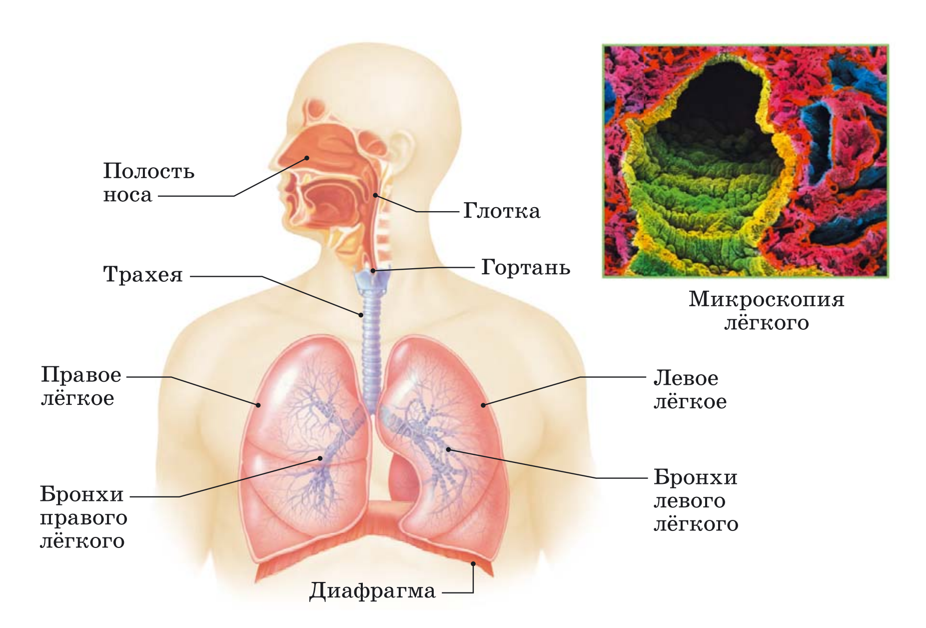



**Рис. 31.2.** Органы дыхания

## Как устроены органы внешнего дыхания?

Органы дыхания представлены *воздухоно́сными путя́ми* и *лёгкими* (рис. 31.2). Воздухоносные пути включают наружный нос, полость носа, носоглотку, ротоглотку, гортань, трахею и два главных бронха. Бронхи многократно разветвляются и заканчиваются бронхиолами. Слизистую оболочку воздухоносных путей выстилает мерцательный эпителий. Его реснички изгоняют наружу попавшие пылевые частицы.

**«Без носа человек — чёрт знает что: птица не птица, гражданин не гражданин, — просто возьми да и вышвырни за окошко!..» — так писал о носе Н. В. Гоголь. В самом деле, для чего служит нос?**

Внутри хрящевого наружного носа находятся сальные и потовые железы, а также жёсткие волоски, сдерживающие пыль.

Полость носа (рис. 31.3) образована костями лицевого черепа и состоит из двух частей. Носовыми раковинами они разделены на ходы, завихрения воздушных потоков в которых способствуют осаждению пыли и фильтрации поступающего воздуха.

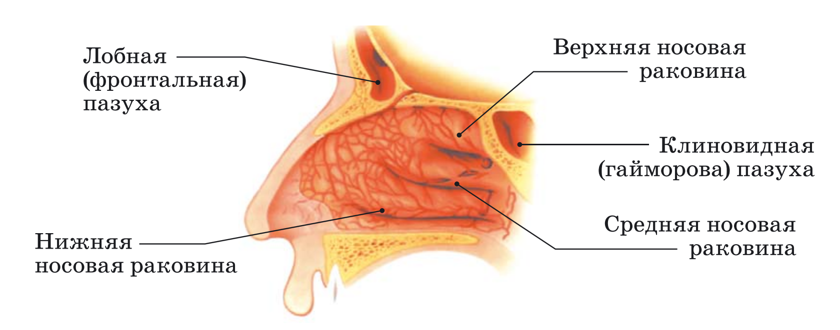



**Рис. 31.3.** Полость носа

Слизистая оболочка носовой полости пронизана множеством желёз и сосудов. Движущаяся по капиллярам кровь согревает или охлаждает вдыхаемый воздух и увлажняет его.

Частицы пыли, резкие или неприятные запахи, а при простуде — слизь вызывают защитный рефлекс чихания.

Из носовой полости воздух поступает в *носогло́тку*, а далее — в ротоглотку и гортань. При дыхании через рот воздух поступает сразу в гортань, поэтому дыхание ртом не гигиенично.

*Горта́нь* разделяет воздухоносные и пищеварительные пути, служит для звукообразования (рис. 31.4). Это широкая трубка, состоящая из нескольких хрящей. Спереди и с боков заметны парные щитовидные хрящи. У мужчин они, выступая вперёд, образуют кадык, или «адамово яблоко». Со стороны глотки над гортанью находится эластичный надгортанник, закрывающий вход в гортань при глотании пищи и поднимающийся при вдохе и выдохе.

При механическом раздражении рецепторов гортани кусочками пищи, инородными предметами рефлекторно возникает

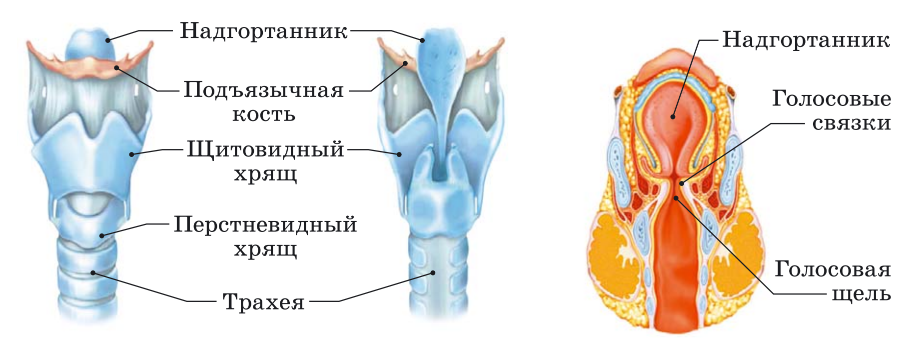



**Рис. 31.4.** Строение гортани

кашель. Надгортанник предотвращает попадание посторонних веществ в лёгкие.

В узкой части гортани находятся две пары *голосовы́х свя́зок*. Они являются органами звукообразования: при натяжении и сближении их выдыхаемый воздух, с силой прорываясь через сомкнутые края связок, вызывают вибрацию, порождающую звуки.

У мужчин связки толще и длиннее, а голос низкий. У детей и женщин они тоньше и короче, и их голоса высокие. Очень низкие голоса звучат устрашающе, а очень высокие вызывают тревогу.

Из-за ограниченной подвижности хрящей гортани интонация голоса детей не может меняться в широком диапазоне. Поэтому их попытки, подражая взрослым, брать высокие и низкие ноты могут привести к срыву голоса.

Особенно раним голосовой аппарат в период полового созревания, сопровождающийся мутацией голоса. После мутации голос юношей приобретает специфический тембр. У девушек он изменяется меньше.

Если гортань является органом звукообразования, ротовая и носовая полости — органы звукоизвлечения, в них окончательно формируются звуки речи, интонации. Они индивидуальны, но и зависят от постановки голоса: положения языка, губ, челюстей. Работу этих органов при произнесении звуков называют *артикуля́цией*.

Гортань переходит в *трахе́ю* (от греч. *трахейа* — дыхательное горло) — трубку из 16–20 хрящевых полуколец. Задняя мягкая стенка трахеи примыкает к пищеводу. Трахея разветвляется на два главных бронха. Стенки *бро́нхов* образованы хрящевыми кольцами, не допускающими их спадания, и похожи на душевые шланги: достаточно подвижны и не пережимаются при изгибах. Бронхи, многократно разветвляясь, формируют внутри лёгких бронхиальное дерево, заканчивающееся *бронхио́лами*.



Если считать трахею бронхом нулевого порядка, каждый бронх разделяется на два 26 раз. Сколько же их у человека?

## Как устроены лёгкие?

Лёгкие занимают бо́льшую часть грудной полости. Формой они похожи на конус, обращённый вершиной к ключицам, а основанием — к диафрагме. В правом лёгком три доли, а в левом — две (рис. 31.5). Между левым и правым лёгким находятся ворота лёгких. Через них в лёгкие входят два главных бронха, лёгочные артерии и вены.

Лёгкие покрыты соединительнотканной *плёврой* (от греч. *плевра* — сторона, бок). Её наружный листок срастается со стенкой

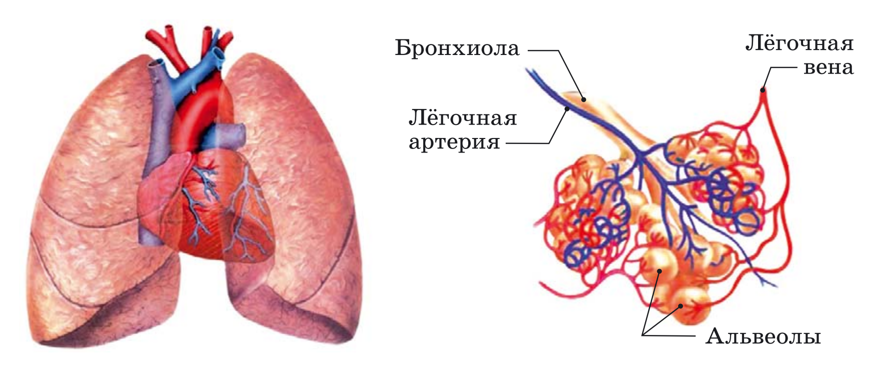



**Рис. 31.5.** Строение лёгких

грудной полости, а внутренний — с лёгкими. Между листками находится *плевра́льная по́лость*, заполненная жидкостью, уменьшающей трение при дыхании. В плевральной полости давление воздуха ниже атмосферного, и такое отрицательное давление удерживает лёгкие расправленными, что облегчает их вентиляцию.

Конечные бронхиолы заканчиваются микроскопическими, собранными по 15–20 в «гроздья», напоминающие виноградную лозу, лёгочными пузырьками — *альвео́лами* (от лат. *альвеолус* — пузырёк, ячейка). Стенки капилляров и пузырьков очень тонкие, а общая поверхность огромна. Изнутри клетки альвеол покрыты слоем *сурфакта́нта* (от англ. *сурфактант* — поверхностно-активное вещество) — вещества, предотвращающего их слипание. Снаружи альвеолы оплетены густой сетью капилляров. Все эти особенности строения альвеол создают отличные условия для газообмена.



Дыхание. Воздухоносные пути. Лёгкие. Носоглотка. Гортань. Голосовые связки. Артикуляция. Трахея. Бронхи. Бронхиолы. Плевра. Плевральная полость. Альвеола. Сурфактант.



## Вопросы и задания

**1.** Что такое дыхание и какие этапы оно включает? **2.** Назовите последовательно органы, по которым воздух проходит в лёгкие. **3.** Почему у женщин более высокий голос, чем у мужчин, а у детей более высокий, чем у взрослых? **4.** Какие особенности строения лёгких обеспечивают большую поверхность соприкосновения воздуха с кровью?



**Практическая работа** «Влияние носовой полости на звукообразование».

# § 32. Дыхательные движения. Газообмен в лёгких и тканях



Задержите дыхание и отметьте время. Долго ли вы смогли не дышать? Поинтересуйтесь у одноклассников, на сколько они смогли задержать дыхание.

## Как происходит внешнее дыхание?

В спокойном состоянии взрослый человек совершает 12–18 дыханий в минуту. Каждое *дыха́тельное движе́ние* состоит из вдоха и выдоха. Лёгкие не имеют мышечной ткани и не способны самостоятельно нагнетать или изгонять воздух. Объём их пассивно изменяется при сокращении диафрагмы и мышц грудной клетки.

При сокращении межрёберных мышц, диафрагмы и поверхностных мышц груди и спины происходит вдох (рис. 32.1). При этом диафрагма опускается на 1,5–2 см, вследствие этого грудная полость увеличивается в вертикальном направлении. Наружные межрёберные мышцы поднимают рёбра и грудину, раздвигают их в стороны, при этом грудная полость также увеличивается. Давление в ней становится меньше атмосферного, поэтому вдыхаемый воздух по воздухоносным путям устремляется в лёгкие. Разность давлений служит причиной поступления атмосферного воздуха в лёгкие — вдоха.

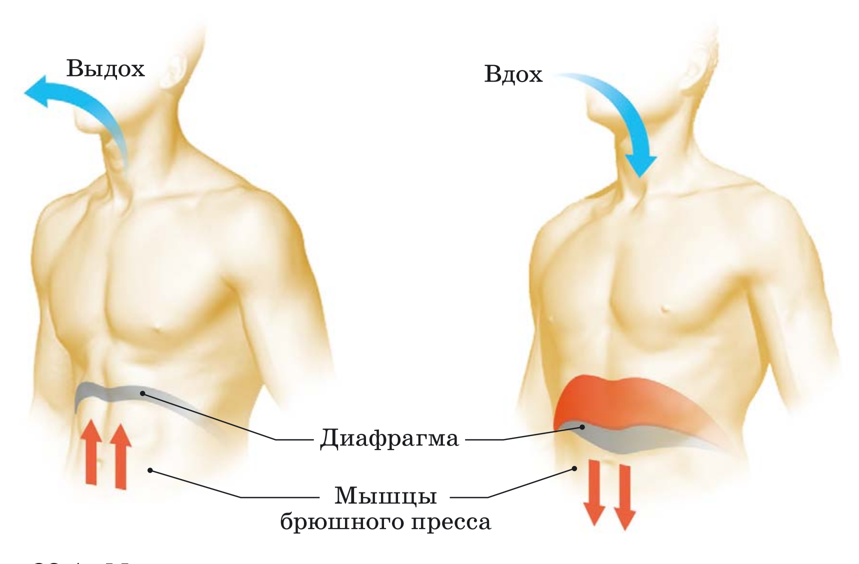



**Рис. 32.1.** Механизм дыхания

Выдох происходит после расслабления мышц: грудная клетка под своей тяжестью опускается, а диафрагма принимает форму купола. Грудная полость уменьшается в объёме, давление в ней становится выше атмосферного, происходит выдох.

При усиленном дыхании включаются мышцы шеи, груди, спины, живота и плечевого пояса.

## Из чего складывается жизненная ёмкость лёгких?

В состоянии покоя человек вдыхает и выдыхает около 500 мл воздуха, который представляет *дыха́тельный объём* (рис. 32.2).

После спокойного вдоха человек может вдохнуть ещё до 1,5 л, что составляет *резе́рвный объём вдо́ха*. После спокойного выдоха — выдохнуть дополнительно 1,5 л, что представляет *резе́рвный объём вы́доха*. Сумма этих объёмов и составляет *жи́зненную ёмкость лёгких*, равную в среднем 3,5 л.

Жизненная ёмкость лёгких зависит от возраста, пола, роста, тренированности и является важным показателем физического развития. Чем выше жизненная ёмкость лёгких, тем бо́льшую работу за единицу времени совершает человек.

Даже после глубокого выдоха в лёгких остаётся около 1 л воздуха — это *оста́точный объём* лёгких. Благодаря ему лёгкие всегда растянуты и имеют резервный запас газов. Лёгочные объёмы и жизненную ёмкость измеряют спирометром.

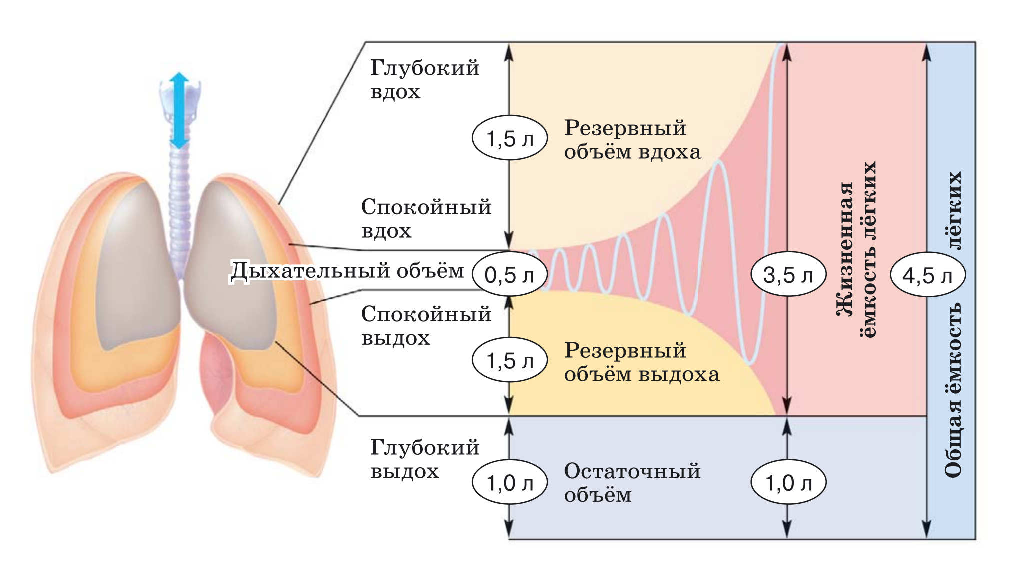



**Рис. 32.2.** Жизненная ёмкость лёгких

## Чем отличается состав вдыхаемого и выдыхаемого воздуха?

Содержание газов во вдыхаемом и выдыхаемом воздухе неодинаково. В атмосферном воздухе содержится около 78% азота, около 21% кислорода, примерно 0,03% углекислого газа и около 0,97% водяных паров и инертных газов (рис. 32.3, *а*). Процентный состав выдыхаемого воздуха иной (рис. 32.3, *б*).

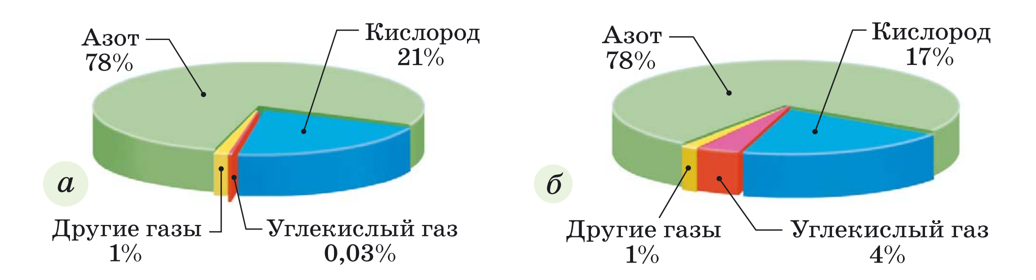



**Рис. 32.3.** Диаграмма вдыхаемого (*а*) и выдыхаемого (*б*) воздуха



Исследуя диаграмму выдыхаемого воздуха, решите, как меняется состав кислорода и углекислого газа. Что происходит с азотом? Как изменяется количество водяных паров? Для аргументации ответа вспомните одну из функций носовой полости.

## Как происходит газообмен в лёгких?

На втором этапе дыхания между альвеолами и кровью капилляров лёгких происходит обмен газов (рис. 32.4). Он является следствием диффузии кислорода из альвеолярного воздуха в кровь, а углекислого газа — в обратном направлении. В результате газообмена тёмно-красная венозная кровь превращается в алую артериальную. Это происходит вследствие химической реакции присоединения кислорода к гемоглобину (см. § 23).

## Как транспортируются газы кровью?

Газы находятся в крови в растворённом и химически связанном состоянии. Перенос кислорода осуществляет гемоглобин крови. Каждая молекула *гемоглоби́на* (Hb) обратимо присоединяет четыре молекулы кислорода, превращаясь в *оксигемоглоби́н* ($HbO_2$).

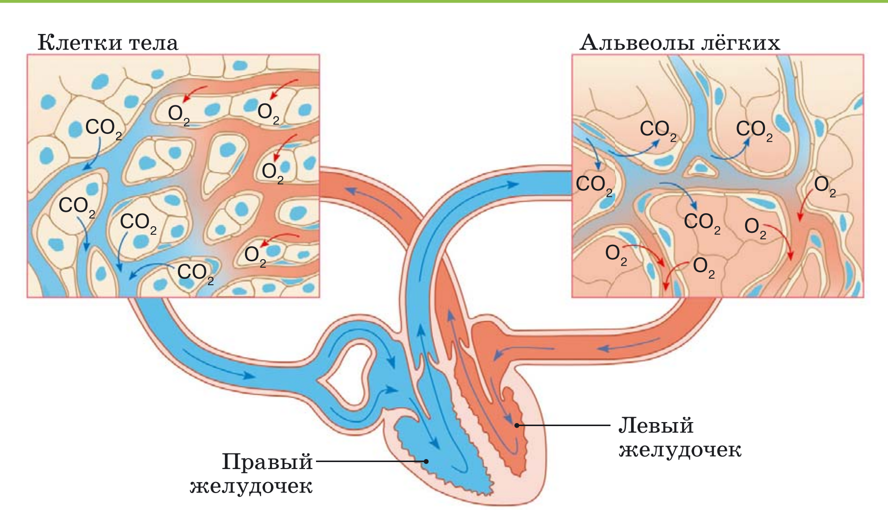



**Рис. 32.4.** Газообмен в альвеолах и тканях

Оксигемоглобин образуется в лёгких, а в тканях он освобождает кислород. *Кислоро́дная ёмкость кро́ви* — содержание кислорода в 100 мл крови. В норме до 0,2 мл кислорода в 1 мл крови.

Транспорт углекислого газа осуществляется плазмой и эритроцитами. Около 10–15% углекислого газа обратимо связывается гемоглобином, образуя непрочный *карбогемоглоби́н* ($HbCO_2$).

Бо́льшая же часть углекислого газа, взаимодействуя с водой, превращается в угольную кислоту, которая взаимодействует с солями калия в эритроцитах и натрия в плазме, образует их углекислые растворимые соли, *бикарбона́ты*.

## Какие превращения газов происходят в тканях?

Артериальная кровь по сосудам большого круга кровообращения поступает к тканям. Вследствие непрерывных окислительных процессов в клетках в тканевой жидкости уменьшается содержание кислорода и возрастает количество углекислого газа. Поэтому кислород диффундирует (проходит) в ткани, а углекислый газ — в кровь (см. рис. 32.4). Венозная кровь поступает к сердцу, а из него в лёгкие.



Дыхательное движение. Спирометр. Дыхательный объём. Резервный объём вдоха. Резервный объём выдоха. Жизненная ёмкость лёгких. Остаточный объём. Оксигемоглобин. Кислородная ёмкость крови. Карбогемоглобин. Бикарбонаты.




## Вопросы и задания

**1.** Какое положение занимает диафрагма на вдохе, а грудная клетка на выдохе? **2.** Почему принятие большого количества пищи затрудняет дыхание? **3.** Почему у спортсменов жизненная ёмкость лёгких больше, чем у людей, не занимающихся спортом? **4.** В чём отличия лёгочного газообмена от тканевого? **5.** Почему в крови не увеличивается количество азота после каждого вдоха?

**Практическая работа** «Измерение жизненной ёмкости лёгких».

# § 33. Регуляция дыхания. Гигиена дыхания. Первая помощь при остановке дыхания

Дыхание изменяется в зависимости от физиологического состояния организма. Во время сна оно поверхностное, спокойное и редкое, при физических нагрузках становится глубоким, шумным и учащённым, а в момент эмоциональных переживаний — неровным. При обливании холодной водой, страхе или сильных эмоциях может наблюдаться короткая задержка дыхания, как бы «дух захватывает».

## Как регулируется дыхание?

Обеспечение согласованной деятельности дыхательных мышц и ритмического чередования вдоха и выдоха в соответствии с энергетическими потребностями организма называют *регуля́цией дыха́ния* (рис. 33.1). Нервная регуляция осуществляется дыхательным центром продолговатого мозга, в котором сосредоточены *це́нтры вдо́ха* и *вы́доха*.

Характерная особенность нейронов центра вдоха — специфическая чувствительность к углекислому газу. Этот механизм объясняет и первый вдох новорождённого после перевязки пуповины, и зевание в душном помещении, и стимулирующее действие газированных напитков. Нейроны центра вдоха посылают импульсы на двигательные нейроны спинного и среднего мозга, которые вызывают сокращения наружных межрёберных мышц и диафрагмы. Сокращения дыхательных мышц вызывают вдох.

При вдохе рецепторы растяжения лёгких возбуждаются, и импульсы от них активируют центр выдоха. Чередующиеся возбуждения обеспечивают движения грудной клетки. Просвет трахеи и бронхов регулируется вегетативной нервной системой.

Лёгочная вентиляция изменяется и рефлекторно. При возбуждении рецепторов, расположенных в аорте и в сонных артериях,

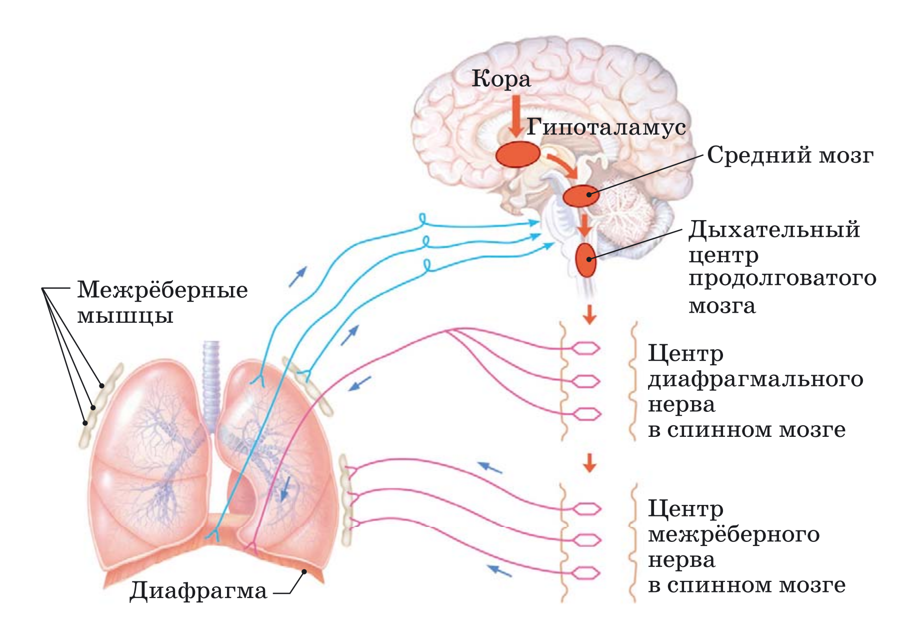



**Рис. 33.1.** Схема регуляции работы дыхательного центра

чувствительных к избытку углекислого газа, сигналы передаются в центр вдоха, и частота и глубина дыхания возрастают.

Дублированная работа рефлекторных и гуморальных механизмов регуляции обеспечивает надёжную и эффективную адаптацию дыхания к текущим нуждам организма.

Функции дыхательного центра продолговатого мозга контролируют гипоталамус и кора больших полушарий.

Кора осуществляет своё влияние по типу условных рефлексов. Различные её отделы регулируют дыхание таким образом, что человек может произвольно задерживать его, изменять ритм и глубину. Она точно приспосабливает дыхание к движениям, речи, декламации, пению, нырянию в воду. Влияниями коры объясняются изменения дыхания у спортсменов перед стартом.

## Как тренировать дыхание?

Тренировка дыхания происходит одновременно с тренировкой сердца и скелетных мышц. Лёгочная вентиляция, определяемая как произведение частоты и глубины дыхания, у нетренированных людей увеличивается только за счёт частоты. Однако это увеличение не беспредельно, и максимальная частота дыхания составляет у взрослых около 30 в минуту.

У человека, регулярно занимающегося физическим трудом, физкультурой, спортом, лёгочные объёмы и жизненная ёмкость лёгких значительно увеличены. Тренированные люди и во время значительной нагрузки дышат ровно и глубоко. У стайеров — бегунов на длинные дистанции — после забега дыхание быстро восстанавливается.

При заболеваниях дыхательных путей изменяется голос, появляются охриплость, серьёзные затруднения при произнесении и даже невозможность говорить. Причинами их могут стать переутомление голосового аппарата, переохлаждение, простуда, курение, приём алкоголя.

## Как курение влияет на дыхание?

Курение — причина многих заболеваний. Курильщик зачастую не знает, что отравляет не только себя, но и окружающих. Табак содержит яд — никотин, а при сгорании образует ещё много чрезвычайно вредных веществ: угарный газ, синильную кислоту, бензапирен, сажу. Эти вещества проникают в дыхательные пути и лёгкие, оседают на слизистых оболочках, обжигают горячим дымом реснитчатый эпителий, заглатываются со слюной и попадают в желудок.

У всех курильщиков воспалены органы дыхания, часто развиваются заболевания; одолевает хронический «кашель курильщика». Частицы дёгтя, осевшие на стенках альвеол, снижают эффективность газообмена, а значит, и работоспособность.

Курение ежедневно уносит сотни тысяч жизней, и борьба с этим стала серьёзной социальной проблемой.

## Как избежать инфекционных заболеваний, передающихся по воздуху?

Самые распространённые вирусные инфекции — грипп и острые респираторные (дыхательные) заболевания, ангина, туберкулёз.

*Грипп* и *о́стрые респирато́рные ви́русные инфе́кции* (ОРВИ) передаются воздушно-капельным путём. Вирус гриппа поражает весь организм: повышается температура, появляются озноб, головная и мышечная боль, кашель и насморк. Эти симптомы вызваны отравлением организма токсинами вируса. Болезнь заразна, требуется соблюдение постельного режима и изоляция заболевшего. Грипп может давать серьёзные осложнения — воспаления бронхов и лёгких, заболевания сердца. Вероятность заражения вирусом возрастает при охлаждении всего тела, ног и головы.

Для предупреждения заболевания важно соблюдать личную и общественную гигиену, повышать защитные силы организма

закаливанием. Своевременная вакцинация снижает вероятность заболевания.

*Туберкулёз* (в старину его называли *чахо́ткой*) — хроническое заболевание, вызванное палочкой Коха. Чаще бактерия попадает в лёгкие и вызывает заболевание, но есть и другие пути заражения. Иммунная система обычно подавляет её, но зачастую полностью не уничтожает. В неблагоприятных условиях, в сырых или запылённых помещениях, при неполноценном питании, сниженном иммунитете она переходит в острую форму. При поражении лёгких возникает воспаление с гибелью лёгочной ткани и образованием полостей — каверн. Современная медицина добилась успехов в профилактике и лечении туберкулёза, однако полностью это заболевание не исчезло. Туберкулёз вызывается ухудшением экологических и социальных условий.

## Что такое реанимация?

*Реанима́ция* (от лат. *ре* — вновь, *анимацио* — оживление) — восстановление нарушенных или утраченных жизненно важных функций. Проводится в первые минуты с момента прекращения дыхания и кровообращения; позже появляются необратимые изменения в центральной нервной системе и наступает биологическая смерть. Реанимационные мероприятия включают непрямой массаж сердца, искусственное дыхание (рис. 33.2) и другие мероприятия.

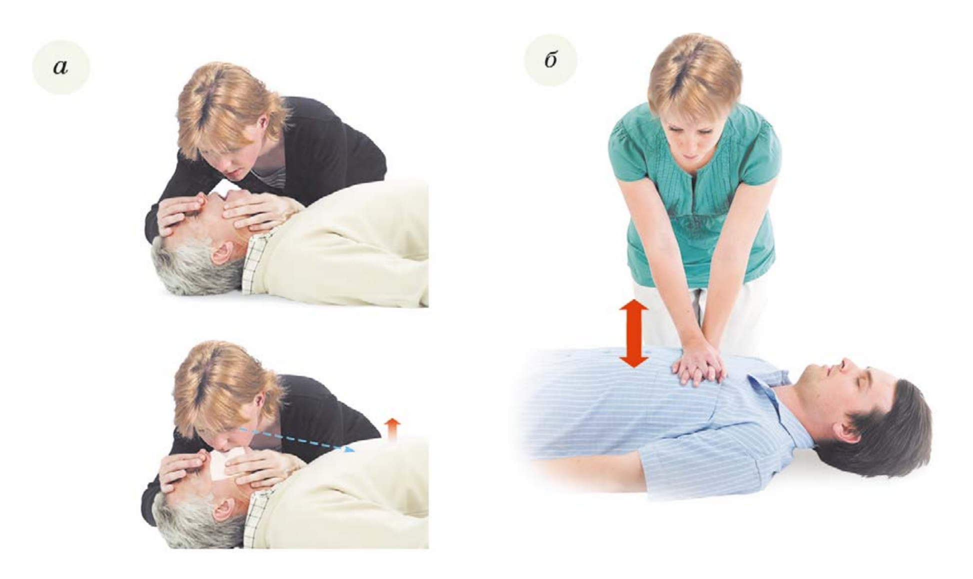



**Рис. 33.2.** Реанимационные мероприятия

Отравление летучими химическими веществами (парами аммиака, хлора и др.), утопление, поражение электрическим током, серьёзные травмы, попадание в дыхательные пути инородных предметов приводят к рефлекторной остановке дыхания. При этом сразу останавливается и сердце.

Пока жив мозг, можно восстановить угасающие функции. Обратимую фазу наступающей смерти называют *клини́ческой сме́ртью*. Она длится всего 5–7 мин, за которые ещё можно вернуть человека к жизни, проведя реанимационные мероприятия. *Биологи́ческая смерть* наступает вследствие необратимой утраты функций мозга и остановки сердца.

При потере сознания и остановке самостоятельного дыхания применяют *иску́сственное дыха́ние*. Самое эффективное — искусственное дыхание изо рта в рот (рис. 33.2, *а*). Если вы заметили человека, который упал и находится без сознания, надо привлечь внимание окружающих. Подойти к нему, встряхнуть за плечи и громко спросить: «Что с вами?» Попросить конкретного человека вызвать «скорую помощь» по телефону 103. Если пострадавший не отвечает, проверить проходимость верхних дыхательных путей. Уложить его на твёрдую поверхность лицом вверх, под плечи положить валик или другой предмет. Далее зажимают ноздри и, надавливая на подбородок, открывают рот. Оказывающий помощь после глубокого вдоха через чистую ткань делает выдох в рот пострадавшему. При последующем надавливании на грудную клетку происходит принудительный выдох. Реанимирующие действия ритмически повторяют 16–20 раз в минуту до возобновления самостоятельного дыхания.

В случае остановки сердца искусственное дыхание сочетают с *непрямы́м масса́жем се́рдца* (рис. 33.2, *б*). Оказывающий помощь ладонями надавливает на нижнюю треть грудины в ритме 60–70 раз в минуту. Соотношение вдох/массажный толчок: при одном спасателе — 2:15, при двух спасателях — 1:5. При своевременном и правильном оказании пострадавшему реанимационных мер у него восстанавливаются дыхание и пульс, суживаются зрачки, появляются произвольные двигательные реакции.



Регуляция дыхания. Центр вдоха. Центр выдоха. Грипп. ОРВИ. Туберкулёз. Реанимация. Клиническая смерть. Биологическая смерть. Искусственное дыхание. Непрямой массаж сердца.



## Вопросы и задания

**1.** Почему после усиленной вентиляции лёгких дыхание становится редким, а иногда наблюдается пауза? **2.** Докажите, что в регуляции дыхания участвует кора больших полушарий. **3.** Чем отличается заболевание гриппом от заболевания туберкулёзом? **4.** В чём различие между биологической и клинической смертью? **5.** За счёт чего достигается положительный результат при дыхании изо рта в рот и непрямого массажа сердца?



**Практическая работа** «Изучение задержки дыхания в покое и после дозированной физической нагрузки».



## Знаете ли вы, что...

Частота колебаний голосовых связок у человека составляет от 80 до 10 000 Гц.

В лёгких насчитывают до 700 млн альвеол и общая их поверхность составляет около 100 м$^2$.

Длина лёгочного капилляра в среднем составляет 7–8 мкм. Через капилляры альвеол кровь проходит всего за 0,8 с.

Мерцательный эпителий дыхательных путей человека удаляет до 20–30 г пыли в сутки.



## Из истории науки

В 1661 г. М. Мальпиги опубликовал трактат «Анатомические наблюдения над лёгкими», в котором впервые описал лёгочные альвеолы и капилляры.

В 1746–1747 гг. А. Галлер в работе «Экспериментальное исследование дыхания» привёл правильное объяснение механизма внешнего дыхания и роли мышц грудной клетки и диафрагмы в этом процессе.

В 1777 г. А. Лавуазье экспериментально доказал, что при дыхании человек и животные поглощают кислород.

В 1837 г. Ж. Флуранс в опытах на животных обнаружил дыхательный центр в продолговатом мозге.



## Думаем, исследуем, решаем

**1.** В лаборатории испытуемому давали дышать воздухом с разной концентрацией кислорода и углекислого газа. В первой серии экспериментов уменьшали концентрацию только кислорода с 21 до 5%, в этом случае частота дыхания испытуемого повышалась только вдвое. Во второй серии экспериментов увеличивали концентрацию только углекислого газа. У испытуемого частота дыхания повышалась вдвое уже при концен-

трации углекислого газа, равной 0,2%. Как можно объяснить результаты, полученные в экспериментах?

2. Определите влияние углекислого газа на дыхательный центр. Для этого понадобится секундомер или часы с секундной стрелкой.
   2.1. В положении стоя после спокойного вдоха задержите дыхание. Зафиксируйте время задержки. Результат запишите в тетрадь. Добейтесь восстановления спокойного дыхания.
   2.2. Сделайте три глубоких вдоха и выдоха, а затем на выдохе задержите дыхание. Определите время его задержки.
   2.3. Сравните полученные результаты и объясните их.
3. Американский писатель Дж. Купер описывал, как индейцы, прячась от врагов в водоёмах, дышали при помощи пустотелых стеблей камыша. Однако дышать таким способом можно лишь тогда, когда глубина погружения не превышает метра. С какими особенностями дыхания связано такое ограничение?

## Выводы по главе «Дыхание»

Различают внешнее дыхание, или лёгочную вентиляцию, газообмен в лёгких, транспорт газов кровью, газообмен в тканях, тканевое и клеточное дыхание.

Система органов дыхания включает дыхательные пути и лёгкие. Верхние дыхательные пути — это носовая полость, носоглотка, ротоглотка; нижние — гортань, трахея, два бронха.

Главные функции органов дыхания — дыхание, газообмен. Каждое дыхательное движение состоит из вдоха и выдоха.

Звукообразование происходит вследствие вибрации голосовых связок гортани, а речь — благодаря артикуляции.

Регуляция дыхания осуществляется автоматически — центром дыхания в продолговатом мозге, а произвольные изменения дыхания — корой больших полушарий головного мозга.

Важно постоянно тренировать дыхательные мышцы.

Для оказания первой помощи при остановке дыхания прибегают к реанимационным мероприятиям.

### Темы докладов, рефератов, презентаций, проектов

1. Особенности дыхания человека на высоте и в космосе.
2. Чем дышат водолазы под водой?
3. Особенности подготовки альпинистов.
4. Дыхательная гимнастика служит здоровью.

# Глава 8
# ПИТАНИЕ И ПИЩЕВАРЕНИЕ

## § 34. Система пищеварения



В Средние века исследователи и врачеватели классифицировали внутренние органы человека на благородные и неблагородные. К первым они отнесли сердце, лёгкие, мозг, ко вторым — некоторые органы пищеварения, в частности желудок и кишечник. Наверно, для такой классификации были основания, но без этих органов жизнь человека была бы невозможна.

### Почему человеку жизненно необходимо питание?

Тело человека состоит из клеток, а те, в свою очередь, содержат множество органических и неорганических соединений, которые должны постоянно и в нужных количествах присутствовать в них. Жизнедеятельность организма невозможна без постоянного их восполнения.

*Пита́ние* — совокупность процессов, включающих поступление, переваривание, всасывание и усвоение организмом питательных веществ, необходимых для поддержания нормальной жизнедеятельности. Питание — составная часть обмена веществ и превращения энергии в организме.

### Какие питательные вещества и пищевые продукты необходимы?

Жизненно необходимые составные части пищи, используемые организмом для построения клеток и получения энергии, называют *пита́тельными вещества́ми*. Основными питательными веществами являются белки, жиры и углеводы. Для полноценного питания нужны витамины, органические кислоты, вода и минеральные соли. Питательные вещества должны поступать в необходимом количественном и качественном составе, в соответствии с условиями и состоянием организма.

Все питательные вещества поступают в организм в виде *пищевы́х проду́ктов*. Эти продукты животного и растительного происхождения используют в обработанном и необработанном виде. Животные продукты содержат в основном белки и жиры. Растительные — главным образом углеводы, являющиеся основным источником энергии.

В отдельную группу выделяют кондитерские изделия, содержащие большое количество углеводов и жиров.

Для придания определённых качеств используют пищевые добавки: красители (шафран), ароматизаторы (ваниль, перец, эфирные масла), пищевые кислоты (уксусную, лимонную, яблочную).

## Что представляет собой пищеварение?

Большинство продуктов питания не может использоваться без предварительной подготовки. Начальные стадии этих изменений протекают в пищеварительной системе. Попав в организм, пища сначала измельчается, а затем проходит цепочку сложных химических изменений. Физическая обработка пищи заключается в её механическом измельчении и растворении. Химическая — в расщеплении с участием ферментов сложных органических соединений и превращении их в растворимые и доступные.

Процесс физического и химического изменения пищи до состояния, пригодного к последующему всасыванию в кровь и использованию организмом, называют *пищеварéнием*.

## Где происходит пищеварение?

Пищеварение совершается в *пищеварúтельном канáле*, длина которого колеблется от 8 до 12 м (рис. 34.1). Под соединительнотканной оболочкой пищеварительного канала залегают слои гладких мышц. Некоторые отделы — ротовая полость, глотка, верхняя часть пищевода, прямая кишка — образованы поперечнополосатыми мышцами. Внутренняя слизистая оболочка выделяет пищеварительные ферменты и слизь. Вблизи пищеварительного канала находятся крупные пищеварительные железы: слюнные, печень, поджелудочная. По протокам этих желёз секреты поступают в полость пищеварительного канала.

В пищеварительном канале выделяют несколько отделов: ротовую полость, глотку, пищевод, желудок — самую широкую его часть, тонкую и толстую кишку. Отдел тонкой кишки, расположенный сразу за желудком, называют двенадцатиперстной кишкой: её длина равна примерно двенадцати рядам сложенных пальцев. За ней идёт длинная тощая и подвздошная кишка (5–6 м), петлями уложенная в брюшной полости. Бóльшая часть приходится на тощую, меньшая — на подвздошную.

Началом толстой кишки является слепая кишка с червеобразным отростком — аппендиксом (его воспаление называют аппендицитом). Затем толстая кишка восходит вверх, переходит

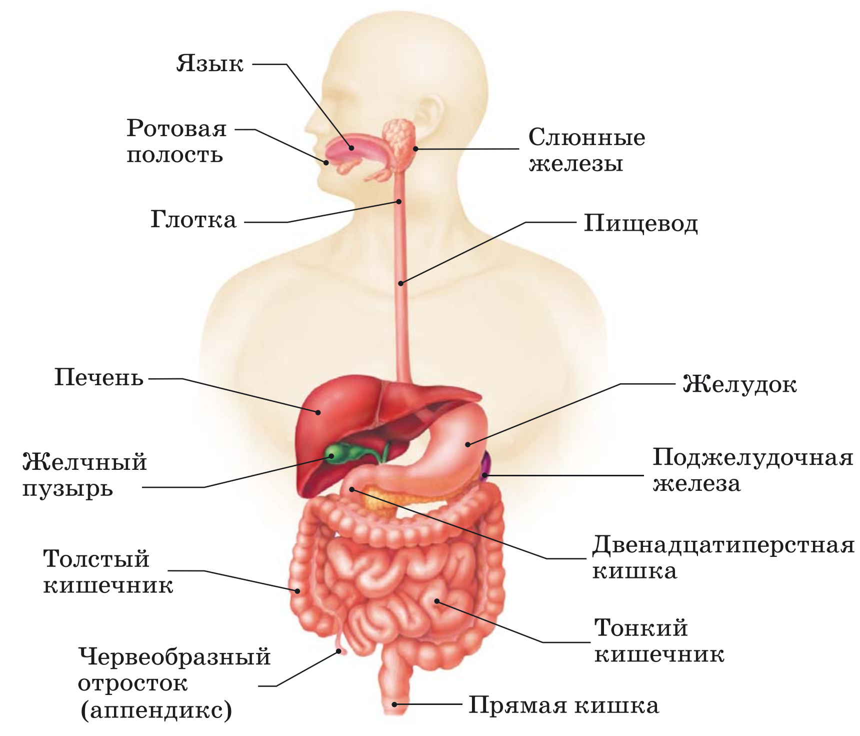



**Рис. 34.1.** Пищеварительная система человека

на левую сторону тела, опускается вниз и заканчивается прямой кишкой. Бо́льшая часть пищеварительного канала, начиная с нижнего отдела пищевода, расположена в брюшной полости.

## Каковы функции пищеварительной системы?

Основные функции органов пищеварения — расщепление сложных органических соединений на простые составляющие, конкретно — секреторная, всасывательная и двигательная.

*Дви́гательная фу́нкция* начинается с момента попадания пищи в ротовую полость. Благодаря сокращениям жевательных мышц и языка твёрдая пища разжёвывается и перемешивается со слюной. Дальнейшее её продвижение обеспечивают волнообразные сокращения гладких продольных и кольцевых мышц пищеварительного канала. Волнообразное сокращение желудка и кишечника, способствующее продвижению их содержимого, называют *перистальти́ческими*, или *переста́льтикой* (от греч. *перистальтикос* — обхватывающий и сжимающий).

Одновременно с механическим измельчением пищи осуществляется *секре́ция*. При этом слюнные железы вырабатывают слюну, железы желудка, поджелудочной и кишечные железы — пищеварительные соки, а печень — желчь. За сутки все железы выделяют до 10 л пищеварительных соков. В результате воздействия ферментов этих соков питательные вещества расщепляются до простых органических соединений. Молекулы белков — до аминокислот, жиров — до глицерина и жирных кислот, а крупные молекулы крахмала — до глюкозы.

*Вса́сывательная фу́нкция* обеспечивает поступление аминокислот, глицерина, жирных кислот, глюкозы, воды и минеральных веществ из пищеварительного канала в кровь и лимфу. Всасывание начинается в ротовой полости, а наиболее активно совершается в тонком кишечнике.

Через пищеварительную систему выводятся непереваренные остатки пищи, конечные продукты обмена веществ, лекарства. Расположенные в стенках пищеварительного канала железы вырабатывают биологически активные вещества — тканевые гормоны. В полости толстой кишки живут полезные микроорганизмы.



Питание. Питательные вещества. Пищевые продукты. Пищеварение. Пищеварительный канал. Функции пищеварительной системы: двигательная, секреторная, всасывательная.



### Вопросы и задания

**1.** Объясните, чем питательные вещества отличаются от пищевых продуктов. **2.** Почему вещества, пригодные для пищи, например молоко или куриный бульон, вводимые непосредственно в кровь, вызывают гибель человека? **3.** Какие вещества поступают в кровь из органов дыхания, а какие — из органов пищеварения? **4.** Каковы главные функции органов пищеварения?

## § 35. Пищеварение в ротовой полости



*Ротова́я по́лость*, или *рот*, представляет собой не только начальный отдел пищеварительного канала, но и первый орган активного взаимоотношения с окружающим миром, в особенности для маленького ребёнка.

Рот (рис. 35.1) ограничен спереди губами и зубами, сбоку — щеками, снизу — языком, сверху — твёрдым и мягким нёбом, а сзади открывается в глотку.

## Язык имеется у большинства позвоночных. Зачем он нужен?

*Язы́к* — мышечный орган, богато снабжённый сосудами и нервами. С центральной нервной системой он связан чувствительными и двигательными нервными волокнами. Четверть черепных нервов идут к языку!

Слизистая оболочка языка изобилует чувствительными клетками, вкусовыми рецепторами. Язык служит для передвижения пищи, участвует в глотании, речеобразовании и определении вкусовых качеств пищи.




**Рис. 35.1.** Ротовая полость

*Зу́бы* механически измельчают пищу, участвуют в образовании звуков. Они помещаются в зубных лунках челюстей. Каждый зуб имеет выступающие *коро́нку*, *ше́йку* и один или несколько *корне́й* (рис. 35.2). Коронка покрыта твёрдой *эма́лью*, которая предохраняет зубы от стирания и проникновения микробов, а шейка и корни — *цеме́нтом*. Основная ткань зуба — *денти́н* — плотное, похожее на кость вещество. Полости зубов заполнены зубной мякотью — *пу́льпой*, в которой разветвляются кровеносные капилляры и нервные окончания.

Зубы человека различны по форме: зубы с острыми краями — *резцы́* и *клыки́*. Они предназначены для откусывания и разрезания пищи. Зубы с бугристой жевательной поверхностью — *ма́лые*

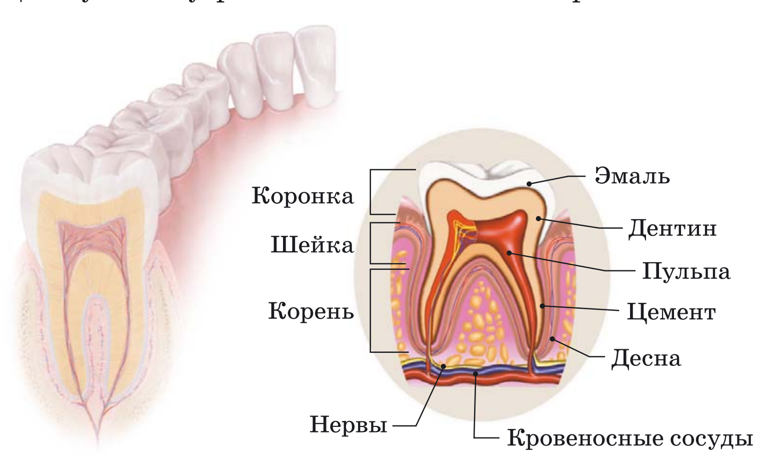



**Рис. 35.2.** Строение зуба

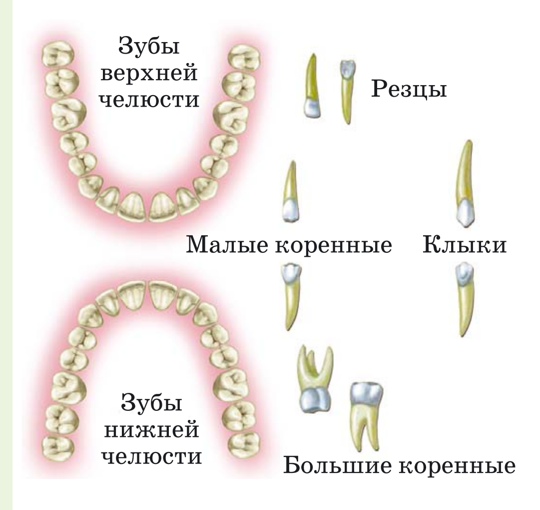



**Рис. 35.3.** Формы зубов

и *бо́льшие коренны́е*, они служат для раздробления, размельчения и перетирания пищи (рис. 35.3).

Строение зубов неодинаково из-за различия выполняемых функций. На верхней и нижней челюстях спереди находится по четыре плоских резца. За ними с каждой стороны располагаются по одному заострённому клыку. Во время еды резцами и клыками человек откусывает пищу. За клыками с каждой стороны расположено по два малых и по три больших коренных зуба с широкими бугристыми поверхностями, позволяющими дробить, размельчать и пережёвывать пищу.

Последние коренные — «зубы мудрости» — не участвуют в жевании. Они поздно прорезаются, часто искривлены и быстро разрушаются. Можно считать, что «работают» 28 зубов, но всего их 32.

У человека две смены зубов. Молочные зубы прорезываются у малышей с полугода до двух с половиной лет. Малые коренные и третьи большие коренные, «зубы мудрости», не имеют молочных предшественников: у ребёнка всего 20 зубов.

Постоянные зубы прорезываются на месте выдавленных молочных после 6–7 лет, а окончательная их смена завершается к 12–14 годам.

## Как ухаживать за зубами?

При повреждении эмали в трещинах создаются благоприятные условия для бактерий, продукты жизнедеятельности которых приводят к разрушению всего зуба. Вред зубам и дёснам наносит разгрызание твёрдых продуктов, резкая смена горячей и холодной пищи, чрезмерное употребление сладостей, удаление остатков пищи твёрдыми предметами, никотин. Это ведёт к разрушению эмали и дентина, а в дальнейшем — к *ка́риесу* и воспалению пульпы. *Пульпи́т* сопровождается острой болью и разрушением всего зуба. Обнаружив нарушение целостности эмали по реакциям на холодное, горячее или механическое действие, следует обратиться к врачу-стоматологу.

Чтобы сберечь зубы, тщательно полощите рот после еды, удаляйте остатки застрявшей между зубами пищи зубной щёткой, а не острыми предметами. Чистите зубы обязательно два раза в день. Щётку следует направлять от десны к коронке зуба. При противоположных движениях налёт, забившийся в пространства между зубами и дёснами, способствует образованию «зубных камней».

### «Вот те и госпожа слюна! Ишь, какая прелесть!» — так образно и ярко сказал об этой жидкости И. П. Павлов. А собственно, что это такое?

В ротовую полость открываются протоки крупных слюнных желёз и многочисленных мелких. *Слюна́* — это бесцветная или слегка мутноватая жидкость со слабощелочной реакцией. За сутки железы вырабатывают до 1,5 л слюны. Функции её определяются составом: ферменты *амила́за* и *мальта́за* начинают расщепление сложных углеводов, *муци́н* участвует в образовании пищевого комка. Содержащийся в слюне *лизоци́м* обладает бактерицидным действием.

Слюноотделение начинается сразу после рождения и продолжается непрерывно всю жизнь. Во время еды секреция рефлекторно усиливается: раздражение рецепторов ротовой полости возбуждает центры слюноотделения продолговатого мозга, от которого сигналы поступают к слюнным железам. В течение жизни вырабатываются условные рефлексы на запах и вид пищи, на время её приёма и другие стимулы.

В результате попавшая в ротовую полость пища измельчается, увлажняется слюной и превращается в скользкий, легко проглатываемый комок.

### Как проглатывается пищевой комок?

Рефлекторный акт глотания обеспечивает перемещение пищевого комка в глотку (рис. 35.4). *Гло́тка* — суживающаяся и переходящая в пищевод воронковидная часть пищеварительной трубки. Пищевой комок движениями языка перемещается к его корню и раздражает находящиеся там рецепторы. По чувствительным волокнам двух пар нервов возбуждение поступает в глотательный центр продолговатого мозга, а оттуда по двигательным волокнам тех же нервов идут команды к мышцам глотки и гортани. При их сокращении мягкое нёбо, «маленький язычок», поднимается и закрывает вход в носовую полость — носоглотку. Надгортанник опускается и как клапан закрывает вход в гортань, а язык проталкивает пищевой комок в глотку.

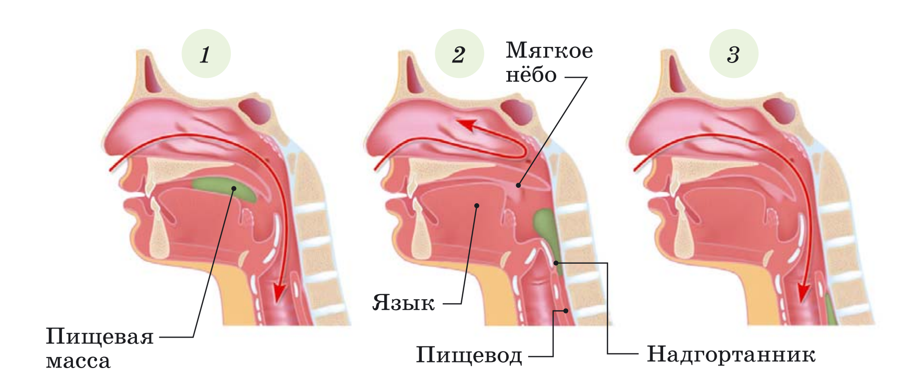



**Рис. 35.4.** Механизм глотания пищевого комка (*1–3*)

В отсутствие пищи или жидкости, раздражающих рецепторы корня языка, глотание не происходит. Это свидетельствует о его рефлекторной природе.

Возбуждение центра глотания влияет на центры дыхания и сердечной деятельности: в момент глотания происходит рефлекторная задержка дыхания и учащение сердцебиения.

Из глотки пищевой комок поступает в *пищевóд* — мышечную трубку, проходящую через диафрагму к желудку. Движение пищевого комка по пищеводу происходит за счёт перистальтики его стенок сверху вниз.



Ротовая полость. Язык. Зубы: резцы, клыки, коренные (малые, большие). Коронка. Шейка. Корень. Эмаль. Цемент. Дентин. Пульпа. Молочные зубы. Кариес. Пульпит. Слюна. Амилаза. Мальтаза. Муцин. Лизоцим. Глотка. Пищевод.



## Вопросы и задания

**1.** Дайте физиологическое обоснование народной мудрости: «Кто хорошо жуёт, тот долго живёт». **2.** Почему при долгом жевании картофеля ощущается сладковатый вкус? **3.** Что происходит с пищей в ротовой полости и почему? **4.** Какую роль в акте глотания играют мягкое нёбо и надгортанник? **5.** Почему исследование И.П. Павлова о деятельности слюнных желёз стало «мостиком» к изучению работы головного мозга?



**Практическая работа** «Исследование действия ферментов слюны на крахмал».

# § 36. Пищеварение в желудке и кишечнике

«Мне в юности желудок был часами, всего точнее время измерял. Лишь голодом его чуть-чуть сводило, он есть повелевал...» — писал Плавт (III в. до н. э.).

## Почему желудок считают главным органом пищеварения?

Из пищевода пищевой комок попадает в *желу́док* (рис. 36.1) — грушевидное расширение пищеварительного канала в левой части брюшной полости под диафрагмой.

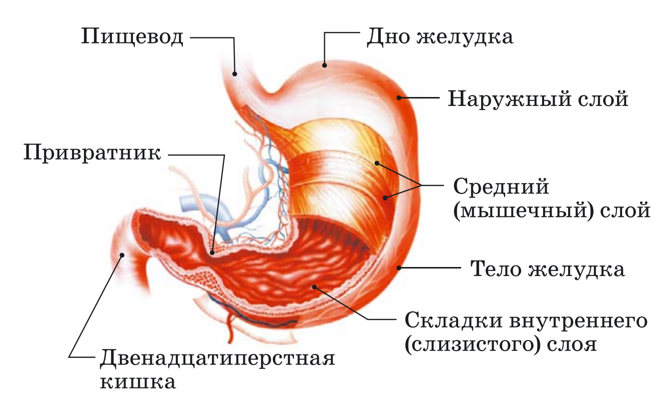
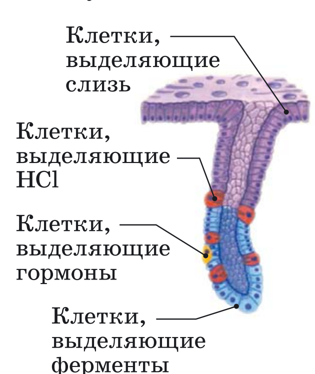



**Рис. 36.1.** Строение желудка

Средняя оболочка желудка состоит из трёх слоёв гладких мышц. Сокращение их разнонаправленных волокон обеспечивает продвижение и перемешивание содержимого. Микроскопические железы внутренней слизистой оболочки вырабатывают желудочный сок. Эти железы секретируют ферменты пепсин и липазу, соляную кислоту и слизь. За сутки продуцируется 1,5–2 л желудочного сока.

*Пепси́н* «рассекает» молекулы белка на мелкие фрагменты и аминокислоты. *Липа́за* расщепляет жиры на глицерин и жирные кислоты. Соляная кислота активирует ферменты, действует на содержимое желудка, в ней погибает большинство проникших в желудок болезнетворных микроорганизмов. Слизь предохраняет стенки от механических и химических повреждений.




В желудке начинается и всасывание воды, солей, лекарств.

## Как нервная система регулирует желудочную секрецию?

Регуляция осуществляется безусловно- и условно-рефлекторно.

Безусловно-рефлекторное сокоотделение начинается при поступлении пищи в ротовую полость и усиливается при непосредственном воздействии на слизистую желудка. Главным образом от рецепторов языка сигналы передаются в центр продолговатого мозга, из которого по парасимпатическим волокнам блуждающего нерва поступают команды к железам желудка.

Условно-рефлекторное сокоотделение вызывает вид и запах пищи, рассказ или представление о ней. От обонятельных, зрительных, слуховых рецепторов сигналы передаются в чувствительные зоны коры больших полушарий, а далее по ранее сформировавшимся рефлекторным путям поступают в корковый пищевой центр. Из него — в запускающий секрецию желёз центр продолговатого мозга.

## Как происходит гуморальная регуляция желудочной секреции?

Она осуществляется гормонами, вырабатываемыми эндокринными клетками желудка и кишечника, а также веществами, образующимися в процессе пищеварения. Обильное сокоотделение вызывают мясные бульоны и отвары овощей: они подготавливают к перевариванию более плотных блюд. Активность и состав желудочного сока зависят от характера пищи (рис. 36.2).

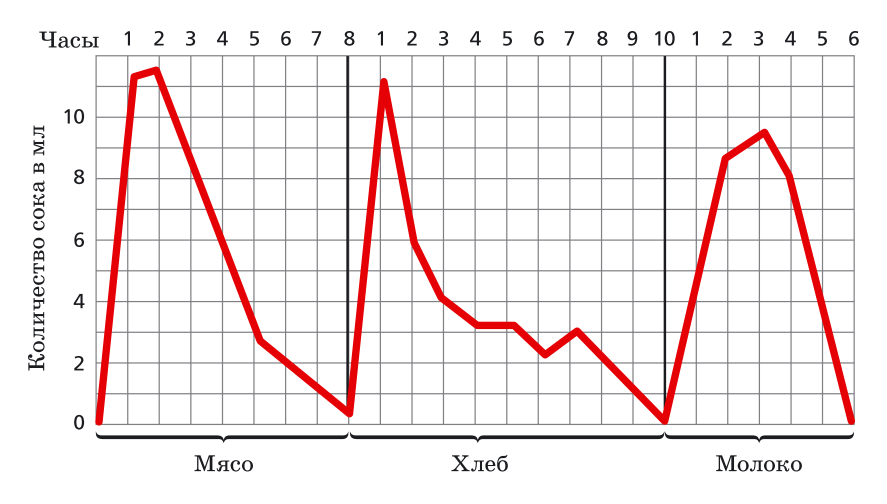



**Рис. 36.2.** Объём желудочного сока в зависимости от состава пищи

## Как и когда содержимое желудка поступает в кишечник?

Пища задерживается в желудке на несколько часов. Углеводы продолжают расщепляться под действием амилазы слюны только внутри пищевого комка, куда не проник кислый желудочный сок. Полужидкая кашица, образовавшаяся в желудке, перистальтическими сокращениями передвигается к суженному выходу — привратнику и небольшими порциями выдавливается в двенадцатиперстную кишку.

## Неужели желудка недостаточно для полного переваривания?

Полное переваривание и всасывание происходят в кишечнике. Эти процессы начинаются в *двенадцатипе́рстной кишке́*. Здесь пищевая кашица обрабатывается кишечным соком и поступающими через протоки секретами двух больших желёз — *поджелу́дочной* и *пе́чени* (рис. 36.3). За сутки выделяется более литра кишечного и поджелудочного соков и печёночной желчи. Ферменты кишечника расщепляют белки, жиры и углеводы до конечных продуктов, готовых к всасыванию.

## Какую роль играет поджелудочная железа?

Внешнесекреторная функция *поджелу́дочной железы́* состоит в том, что основная масса железистых клеток секретируют поджелудочный сок — бесцветную жидкость слабощелочной реакции. Сок содержит ферменты, расщепляющие органические вещества. Фермент *трипси́н* расщепляет фрагменты белков, липаза — жиры, а амилаза — оставшиеся крупные молекулы углеводов.

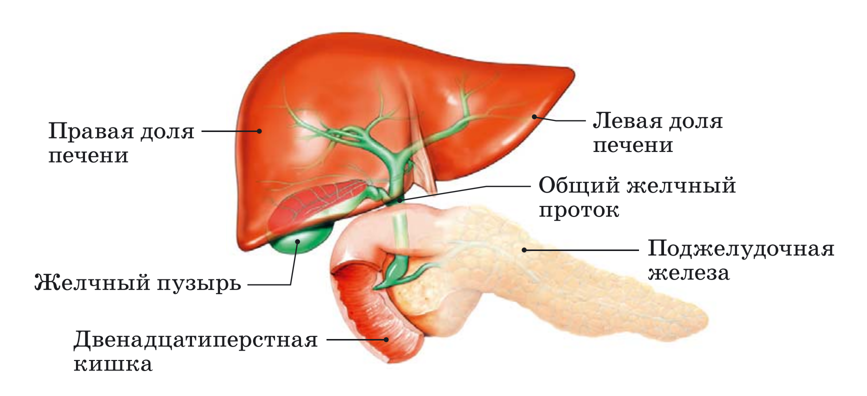



**Рис. 36.3.** Печень и поджелудочная железа

## В кишечник открываются и протоки печени. Какую роль играет печень?

*Пе́чень* — самая крупная железа, массой до 1,5 кг, располагается в брюшной полости, под диафрагмой, преимущественно справа. Мягкая, богатая кровью печень имеет две доли — большую правую и значительно меньшую левую. Вся кровь от кишечника проходит через печень по капиллярам воротной системы. Орган выполняет барьерную функцию — обезвреживает вещества, поступившие из кишечника или образовавшиеся в результате обмена веществ.

В печени постоянно образуется *желчь*, бо́льшая часть которой накапливается в желчном пузыре, а после приёма пищи через протоки изливается в двенадцатиперстную кишку. Желчь усиливает перистальтику кишечника и активность ферментов поджелудочной железы, обезвреживает микробы, облегчает переваривание и всасывание жиров. Под влиянием желчи жиры раздробляются на мелкие капли, благодаря чему увеличивается поверхность их соприкосновения с ферментом липазой.

Чрезвычайно велика роль печени в обмене органических веществ, биосинтезах, запасании углеводов. Как и мышцы, это главный орган теплопродукции — отсюда и название: печень — печка.

## Что происходит в других отделах тонкой кишки?

Слизистая оболочка *то́нкой кишки́* (рис. 36.4) образует круговые складки, сплошь покрытые микроскопическими выростами эпителия — *ворси́нками*. Стенки ворсинок образованы однослойным железистым эпителием, клетки которого имеют цитоплазматические выросты — микроворсинки. Складки и ворсинки увеличивают поверхность кишок до 5 м$^2$. В тонкой кишке происходит не только внутриполостное пищеварение (в полости кишки), но и пристеночное (на стенках).

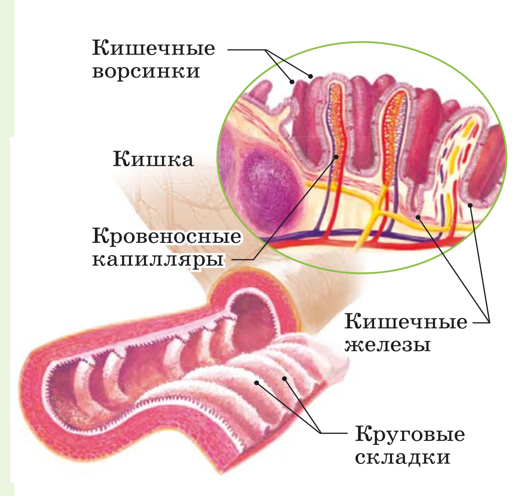



**Рис. 36.4.** Строение тонкой кишки

За счёт сокращений мышц пищевая кашица двигается вперёд-назад, перемешивается, продвигается вперёд.

## Как происходит всасывание в тонкой кишке?

*Вса́сывание* — переход веществ через ворсинки и мембраны клеток в кровь и лимфу. В результате действия ферментов получаются легко всасывающиеся вещества. В центре ворсинок расположен лимфатический капилляр, оплетённый сетью кровеносных капилляров. В кровь всасываются продукты расщепления белков (аминокислоты) и углеводов (глюкоза). Конечные продукты расщепления жиров — глицерин и жирные кислоты — при прохождении через ворсинки снова соединяются и образуют «нейтральный жир», поступающий в лимфатические сосуды.

Часть всосавшихся веществ с током крови по воротным венам поступают в печень, где из них синтезируются свойственные только данному человеку белки и углеводы, откладываются питательные вещества, запасается гликоген. Всасывание требует немалых затрат энергии, и после еды интенсивность обмена веществ возрастает на 10–15%.

## Что делает толстая кишка?

Непереваренные остатки в течение 12 ч. проходят по *то́лстой кишке́*. За это время всасывается вода, сбраживаются нерасщепившиеся углеводы — растительная клетчатка. Малоактивные ферменты толстой кишки действуют только на углеводы. Пищеварение в толстой кишке связано с наличием микрофлоры — бактерий, попадающих вместе с пищей. Постоянная температура, влажность способствуют размножению кишечной палочки, бифидобактерий и др. Все они симбионты. Напомним, что симбиоз — взаимовыгодное сожительство.

Из непереваренных остатков формируется кал, треть которого составляют микроорганизмы. Кал удаляется через прямую кишку.

Опорожнение прямой кишки — *дефека́ция* — сложный рефлекторный акт. Регулирующий его центр находится в крестцовом отделе спинного мозга и контролируется корой больших полушарий.



Желудок. Пепсин. Липаза. Двенадцатиперстная кишка. Поджелудочная железа. Трипсин. Печень. Желчь. Тонкая кишка. Ворсинки. Всасывание. Толстая кишка. Дефекация.

## Вопросы и задания




**1.** Какие изменения происходят с пищей в желудке? **2.** Почему у людей с пониженной кислотностью желудочного сока часто возникают заболевания желудка? **3.** Какие пищеварительные ферменты действуют в тонкой кишке? **4.** Как и в каком виде всасываются в тонкой кишке белки, жиры и углеводы? **5.** Что происходит в толстой кишке?

# § 37. Гигиена питания и предупреждение желудочно-кишечных заболеваний



«Человек есть то, что он ест» — так сказал немецкий философ Л. А. Фейербах, подчёркивая исключительную роль питания в формировании тела и поведения человека.

## Для чего из пищевых продуктов готовят столовые блюда?

В отличие от животных человек использует природные продукты лишь после кулинарной обработки. Пищу варят, жарят, пекут, добавляя вкусовые приправы. Это делает её вкуснее и доступнее для переваривания.

Сырые и варёные блюда обладают неодинаковыми полезными свойствами, а потому должны чередоваться и дополнять друг друга. Питание должно строиться с учётом энерготрат, профессии и особенностей организма.

Большое влияние на него оказывают национальные традиции, вероучения, привычки. Они обобщают кулинарный опыт, учитывая условия, в которых находится та или иная группа людей.

## Почему есть надо с аппетитом?

Полезна пища, которую человек съедает с *аппети́том* (от лат. *аппетитус* — желание), ощущением, вызванным потребностью в пище. Чувство аппетита — это сильное желание есть, при длительном отсутствии пищи переходит в голод. Аппетит зависит от количества слюны и желудочного сока, выделяемого перед едой. При хорошем аппетите соковыделение обильно, желудок напряжён, движения кишок усилены.

Аппетит усиливают красиво поданная пища с приятным видом и запахом, сервировка стола, спокойное состояние человека. Отрицательные эмоции, утомление, неприятное общение и посторонняя деятельность (гаджеты, телефонные разговоры) при еде тормозят рефлексы пищеварения. При длительном пережёвывании усиливается сокоотделение, измельчённая пища лучше усваивается.

## Каким должен быть режим питания?

Наиболее активен человек в первой половине дня, наименее ночью. Потребность в пище в разное время суток различна.

Необходим правильный *режи́м пита́ния*, предусматривающий часы приёма пищи, рацион. Это способствует образованию пищеварительных условных рефлексов на время.

Нерегулярное питание изменяет состав крови, неблагоприятно влияет на нервную систему. Длительные перерывы в еде ненормальны. Из-за недостаточного питания мозга снижается работоспособность, возникают головокружения. Наоборот, частая и обильная еда перегружает пищеварительную систему. Привычка есть на ходу и всухомятку может повлечь различные заболевания, например гастрит. Режим работы обязывает соблюдать режим питания.

Рациональным для взрослых здоровых людей является трёхразовое питание, а для школьников и подростков — четырёхразовое. За завтраком необходимо съедать 25–30% полагающейся в день пищи, за обедом 35–40%, а остальные 30–40% разделить между полдником и ужином.

## Какие неинфекционные болезни органов пищеварения распространены?

Наиболее частое неинфекционное заболевание — *гастри́т* — воспаление слизистой оболочки желудка с нарушением желудочной секреции. У людей отмечается снижение аппетита, боли в области желудка, которые возникают до или после еды, чувство жжения, тошнота.

Гастрит может спровоцировать *я́зву желу́дка* или *двенадцатипе́рстной кишки́*. Это хронические, длительные заболевания, вызванные нарушением механизмов регуляции. Язвы могут развиваться при продолжительных отрицательных эмоциях или их причиной становятся бактерии. Для язвенной болезни характерны боли, возникающие после еды или натощак, — голодные боли, изжога, рвота.

Нерациональное питание, недостаток питательных веществ, витаминов, отравление лекарствами и другими химическими веществами, алкоголем могут привести к поражению печени — *цирро́зу*, разрушению клеток.

## Почему возникают пищевые отравления и инфекционные заболевания?

Использование несвежих продуктов может вызвать отравление. Его признаками являются головокружение, обморочное состоя-

ние, боли в животе, рвота, понос. При подозрении на отравление необходимо обратиться к врачу и выполнять его рекомендации.

Вместе с недоброкачественной пищей в пищеварительную систему могут попасть болезнетворные микроорганизмы.

Некоторые обезвреживаются слюной, соляной кислотой, желчью, а устойчивые размножаются. Выделяемые возбудителями продукты их жизнедеятельности (токсины) нарушают пищеварение, вызывают отравления, кишечные кровотечения.

*Инфекцио́нными заболева́ниями* являются дизентерия, брюшной тиф, холера. Заболевших госпитализируют, а помещение, где находились они и их вещи, обязательно дезинфицируют, обеззараживают. Против брюшного тифа и других инфекций широко применяются профилактические прививки.

## Как обезопаситься от глистных заболеваний?

Поражение организма человека глистами связано с особенностями и условиями быта, питания. Глисты — паразитические черви, чаще всего аскариды и острицы, они истощают организм, питаясь содержимым кишечника. Заражение глистами, т. е. *гли́стные заболева́ния*, происходит при употреблении сырой воды из неизвестных источников, плохо прожаренных или проваренных мяса, рыбы, немытых овощей и фруктов.

Мытьё рук с мылом перед едой, после посещения туалета и общения с домашними животными, соблюдение правил кулинарии и хранения продуктов являются мерами профилактики заболеваний. Инфекционные и глистные заболевания — следствия одной болезни — «болезни грязных рук».

## Какие могут быть другие вредные влияния на пищеварительную систему?

Алкоголь, оказывая токсическое действие на нервную систему, непосредственно влияет на пищеварение. Спиртные напитки обезвоживают клетки слизистых оболочек, снижают активность ферментов, а значит, усвояемость пищи. Воспалению слизистой оболочки и возникновению язвенной болезни и злокачественных образований способствует курение. Никотин ослабляет перистальтику, угнетает деятельность органов пищеварения.



Аппетит. Режим питания. Гастрит. Язвенная болезнь желудка. Язвенная болезнь двенадцатиперстной кишки. Цирроз. Инфекционные и глистные заболевания.



## Вопросы и задания

**1.** Какое значение имеет кулинарная обработка пищи? **2.** Каков наиболее благоприятный режим питания? **3.** Объясните, почему алкоголь и никотин оказывают отрицательное воздействие на слизистую желудка. **4.** Что может стать причиной пищевого отравления? В чём его опасность?



## Знаете ли вы, что...

В течение жизни современный человек потребляет около 22 тыс. кг пищи в твёрдом виде и более 51 тыс. л различных напитков.

В состав зубного цемента входят около 30% органических веществ, более 55% фосфата кальция, около 8% карбоната кальция, фториды кальция и магния. В состав дентина зуба входят 64% минеральных солей, 28% органических веществ и 8% воды.

Один грамм пепсина способен расщепить 50 кг яичного белка и створаживать 100 000 л молока.

На поверхности каждой клетки эпителия тонкой кишки находится до 4000 микроворсинок.

На 1 мм$^2$ поверхности кишечного эпителия приходится до 50 млн микроворсинок.

## Из истории науки

В начале XVII в. Санторио первым пытался установить разницу между количеством принятой пищи и выделенных «отбросов».

В 1654 г. Ф. Глиссон опубликовал труд «Анатомия печени», в котором описал строение и кровоснабжение этого органа.

В 1836 г. Т. Шванн открыл в желудочном соке фермент пепсин, а в 1844 г. доказал роль печени и желчи в пищеварении.

В 1848 г. К. Бернар объяснил роль поджелудочной железы.

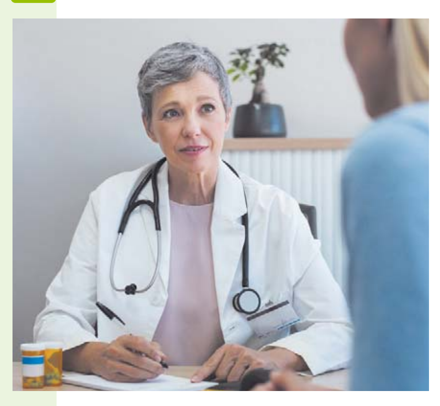
В 1904 г. за выдающиеся заслуги по исследованию пищеварения И. П. Павлову была присуждена Нобелевская премия.

В 1967 г. А. М. Уголев разработал мембранную теорию пищеварения.

В 2005 г. Б. Маршалл и Р. Уоррен стали лауреатами Нобелевской премии за работы по изучению влияния спиралевидной бактерии *Хеликобактер пилори* на возникновение гастрита и язвы желудка и двенадцатиперстной кишки.



### Выбираем профессию



*Диетóлог* (от греч. *диета* — образ жизни, режим питания) — врач, специализирующийся на укреплении здоровья человека с помощью правильно подобранного питания.

Диетологи в спортивных клубах помогают организовать грамотное питание во время состязаний.

Врач-диетолог больницы или санатория отвечает за организацию лечебного питания. Он расписывает меню, учитывая заболевания и соответствующие диеты, контролирует правильность приготовления блюд, следит за хранением продуктов.

## Выводы по главе «Питание и пищеварение»

Поступление пищи необходимо для поддержания пластического и энергетического обмена.

Процесс пищеварения протекает в пищеварительной системе и состоит в физическом и химическом изменении пищи.

Пищеварительный канал, или тракт, состоит из ротовой полости, глотки, пищевода, желудка, тонкой и толстой кишки, а также желёз, осуществляющих секрецию пищеварительных соков.

В состав пищеварительных соков входят различные ферменты.

Пищеварение не контролируется сознанием, а регулируется рефлекторными и гуморальными механизмами.

Всасывание веществ осуществляется ворсинками тонкой кишки, окончательное всасывание воды и солей происходит в толстой кишке. Перевариванию пищи способствуют микроорганизмы.

Попадание болезнетворных микроорганизмов в пищеварительный канал может вызвать тяжёлые заболевания, а недоброкачественная пища — стать причиной отравлений.



### Темы докладов, рефератов, презентаций, проектов

1. Роль И. П. Павлова в изучении процессов пищеварения.
2. Пищеварительные ферменты и их роль в пищеварении.
3. Природная среда — источник инфекционных заболеваний.
4. Искусственная пища — зло или благо для человечества?

# Глава 9
# ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ПРЕВРАЩЕНИЕ ЭНЕРГИИ

## § 38. Обмен веществ как характерный признак жизни



«...Сколько чего у одного тела отнимется, столько присовокупится к другому...» — так сформулировал М. В. Ломоносов принцип сохранения материи. Этот закон совершенно справедлив и для организма человека.

### Почему обмен веществ и условие, и признак жизни?

Обмен веществ (рис. 38.1) между организмом и средой — основное условие жизни. Биологический обмен веществ, или *метаболи́зм* (от греч. *метаболе* — перемена, превращение), — это совокуп-




**Рис. 38.1.** Общая схема обмена веществ

ность взаимосвязанных и взаимозависимых процессов в организме, начиная с момента поступления питательных веществ и до выведения конечных продуктов.

Обмен веществ (см. рис. 38.1) обеспечивает рост и развитие, жизнедеятельность и воспроизведение, поддержание гомеостаза и постоянного контакта с внешней средой. Если он обрывается, прекращается и жизнь.

В результате сложных обменных реакций синтезируются специфические для организма вещества, используемые в дальнейшем как пластический материал для построения новых клеток и структур взамен старых и как энергетический материал.

## Из каких противоположных, но не взаимоисключающих процессов складывается обмен веществ?

Процессы, в ходе которых образуются сложные органические вещества и организм обогащается скрытой химической энергией, составляют пластический обмен, или *ассимиля́цию* (от лат. *ассимиляцио* — сходство, уподобление).

Одновременно с синтезами совершается распад химических соединений, при котором освобождается заключённая в них энергия и образуются конечные продукты. Совокупность реакций распада называют *диссимиля́цией* (от лат. *диссимилис* — несходный, распад).

Ассимиляция и диссимиляция протекают постоянно и одновременно: непрерывно формируются и разрушаются клетки крови, образуется и отмирает эпителий кожи. Так, половина всех тканевых белков разрушается и синтезируется вновь примерно за 80 суток. Белки печени и плазмы крови обновляются каждые 20 суток, а другие — за несколько часов. Интересно, что продукты расщепления стимулируют синтез распавшихся веществ.

## Что значит превращение энергии?

Обмен веществ и превращение энергии неразделимы: нет вещества без энергии. *Потенциа́льная эне́ргия* химических соединений при распаде превращается в разные виды *кинети́ческой эне́ргии*: электрическую, механическую, а в конечном счёте — в тепловую. Она расходуется на образование пластических веществ, обеспечивает электрические заряды нервных клеток, проведение электрических сигналов, мышечные сокращения. Энергетические ресурсы используются для поддержания жизнедеятельности.

Так как все виды энергии превращаются в тепло, об интенсивности обмена можно судить по его выделенному количеству. Энергия высвобождается при дыхании — окислении органических веществ. Поэтому объёмы поглощённого кислорода и выделившегося углекислого газа характеризуют сумму всех энергетических превращений.

Окисление продуктов расщепления питательных веществ приводит к образованию энергии, которую постоянно тратит организм даже в состоянии полного покоя. При этом окислению могут подвергаться те же вещества, которые используются и для синтеза более крупных молекул. Например, в печени из части продуктов расщепления углеводов синтезируется гликоген, а энергию для этого синтеза даёт другая их часть, включающаяся в обменные или матаболические процессы. Процессы распада, как и синтеза, протекают с обязательным участием ферментов.

Интенсивность обмена неодинакова у людей разного пола, массы, роста, возраста, зависит от питания, мышечной работы, состояния нервной и эндокринной систем и внутренних органов. На него влияют сезонные изменения температуры и других факторов среды. У детей и юношей ассимиляция преобладает над диссимиляцией, в зрелости между ними сохраняется подвижное равновесие, а в пожилом возрасте баланс нарушается в сторону диссимиляции.

Различают такие виды обмена: энергетический, белковый, жировой, углеводный и водно-солевой.

## Из чего складывается энергетический обмен?

Минимальные затраты энергии, необходимой для поддержания жизнедеятельности при полном покое, составляют *основно́й обме́н*. Его определяют в положении лёжа, в условиях психологического и эмоционального покоя, утром, натощак и при комфортной температуре 18–20 °C.

Энергия основного обмена затрачивается на химические процессы, работу сердца, дыхательных мышц, почек и кишечника, на секрецию желёз, на поддержание температуры тела, электрической активности нейронов и функций мозга.

Основной обмен интенсивнее у беременных и детей в периоды роста. Его средняя величина составляет у мужчин 1 ккал (4,19 кДж) на 1 кг массы тела в час (1700 ккал); у женщин — на 10% ниже. У здорового человека среднего возраста основной обмен относительно постоянен, составляет 60% всех энергорасходов. Наблюдаются сезонные колебания основного обмена — повышение

весной и летом, понижение зимой. Нарушение функций регуляторных систем, а также заболевания изменяют уровень основного обмена.

Интенсивность основного обмена на 1 кг массы тела у людей разного веса и роста сильно различаются. Однако в пересчёте на 1 м$^2$ поверхности тела величины разнятся не столь резко. Этот закон, точнее, правило поверхности имеет относительное значение, например у двух индивидуумов с одинаковой поверхностью тела различия могут быть существенными.

При мышечной работе энергозатраты возрастают на величину, называемую *рабóчей прибáвкой*. В положении сидя основной обмен возрастает на 40%, стоя — на 50%, а во время физической работы — в несколько раз. Чем тяжелее физическая работа, тем выше энергозатраты.

При умственной деятельности расход энергии невелик, однако из-за большого нервного напряжения она считается едва ли не самой трудной и утомительной. При эмоциональном возбуждении энергетический обмен может повыситься даже на треть.

Энерготраты возрастают после приёма пищи: белковая пища усиливает обмен на 30%, остальная — до 15%. Около одной десятой тепла теряется при дефекации и мочеиспускании.

Фактические энерготраты, совершаемые человеком за единицу времени, называют *óбщим обмéном*. Он является суммой основного обмена, рабочей прибавки и энерготрат на питание и выделение.

Соотношение между затраченной энергией и полученной с пищей называют *энергетúческим балáнсом*.

Продолжительный отрицательный баланс вызывает истощение, положительный баланс — ожирение.

## Как регулируется обмен веществ?

Энергетический обмен регулируется гипоталамусом. Он усиливается под влиянием гормонов щитовидной железы и надпочечников, симпатической нервной системы, может изменяться условно-рефлекторно.



Метаболизм. Ассимиляция. Диссимиляция. Потенциальная энергия. Кинетическая энергия. Основной обмен. Рабочая прибавка. Общий обмен. Энергетический баланс.

## Вопросы и задания

**1.** Докажите, что в организме человека энергия не возникает и не исчезает, а только видоизменяется (используйте знания из курсов физики,

химии, естествознания). **2.** Определите, какая сторона обмена веществ преобладает у растущего организма — ассимиляция или диссимиляция. Как это можно доказать?

# § 39. Обмен органических веществ

Органические соединения — это основные вещества, свойствами которых обусловлена жизнь. Белки, жиры и углеводы — «строительный материал» и источники энергии для нашего организма.

## Каково значение белков?

Белки выполняют в организме защитные и транспортные функции, определяют индивидуальные и видовые различия человека. Наконец, они представляют энергетическую ценность: при их окислении высвобождается энергия.

Белки пищи — единственный источник материала для синтеза в организме специфических белков. Они не запасаются в организме. В норме сохраняется равновесие между количеством распавшихся и образовавшихся белков.

## В чём состоит биологическая ценность белков пищи?

Белки составляют около 20% массы тела. Белки-ферменты влияют на скорость химических реакций и интенсивность обмена. Белки-гормоны участвуют в поддержании биологических констант и регуляции функций.

Белки пищи, содержащие все аминокислоты, — *полноце́нные*, а не имеющие нужного набора — *неполноце́нные*. В основном все полноценные белки животного происхождения.

Для синтеза белков необходимо наличие более 20 видов аминокислот. В организме человека синтезируются не все из них. Те, которые синтезируются вновь даже при отсутствии их в пище, — *замени́мые*. Однако с пищей поступают белки, содержащие *незамени́мые аминокисло́ты*, которые не синтезируются в организме.

При полноценном питании в организм поступают белки, содержащие все аминокислоты. Недостаток белков в пище невосполним, так как они строятся из аминокислот, а аминокислоты не образуются из жиров и углеводов.

## Как происходит распад и синтез белков в организме?

Из аминокислот, поступивших в кровь из пищеварительного канала, строятся собственные специфичные белки. Часть амино-

кислот подвергается химическим превращениям, в результате которых образуются недостающие заменимые аминокислоты. Наиболее интенсивно эти превращения протекают в печени и мышцах.

Одновременно с синтезом белков происходит их распад (рис. 39.1). Продукты неполного распада — аминокислоты — используются для синтеза собственных белков. При полном их распаде образуется токсичный для организма аммиак, который в печени превращается в менее ядовитую мочевину.

Конечные продукты распада белков — вода, углекислый газ, мочевина — выводятся через органы, участвующие в выделении: почки, кишечник, лёгкие, потовые железы.

## Как регулируется обмен белков?

Парасимпатическая нервная система, гормон роста гипофиза, гормоны щитовидной железы, женские половые гормоны стимулируют биосинтез белков, а симпатическая система, адреналин, мужские половые и надпочечниковые гормоны ускоряют их распад.

## Как совершается обмен углеводов?

Значение углеводов (рис. 39.2) определяется их энергетической ценностью. Они являются единственным источником энергии

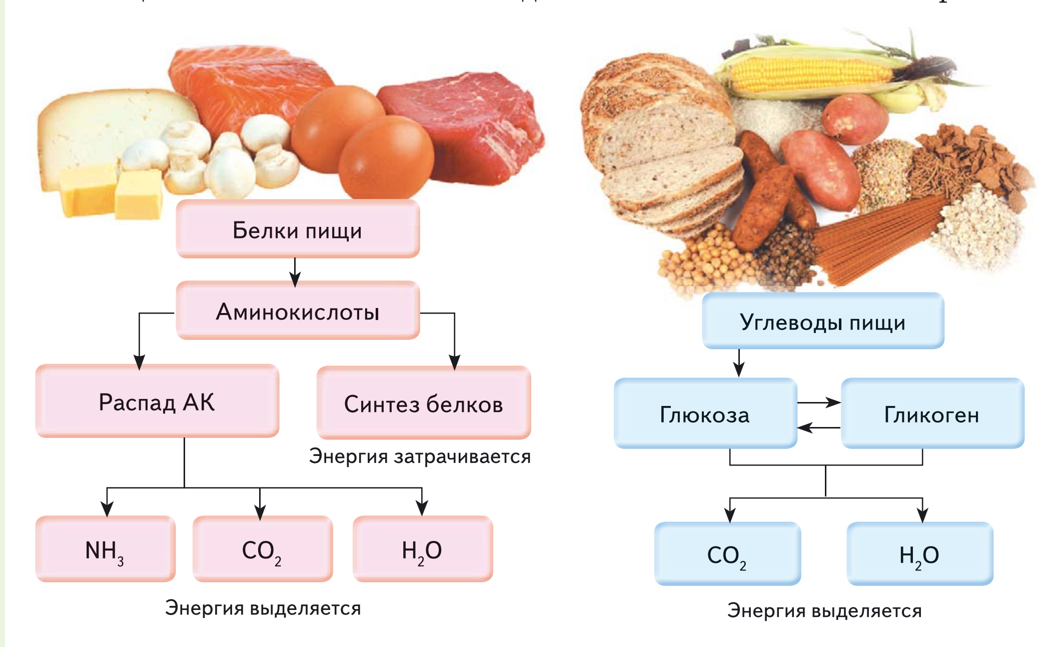



**Рис. 39.1.** Белковый обмен

**Рис. 39.2.** Углеводный обмен

для клеток мозга и основным — для работающих мышц. При недостатке глюкозы в крови отмечаются расстройства нервной деятельности: судороги, обмороки, снижается мышечная активность. Сладости повышают работоспособность.

Углеводы выполняют и пластические функции: входят в состав нуклеиновых кислот и АТФ, в структуры клеточных мембран и цитоплазмы.

В норме содержание глюкозы в крови относительно постоянно. При избытке она превращается в печени и мышцах в гликоген. Это превращение регулирует гормон поджелудочной железы инсулин. При повышении концентрации глюкозы в крови она появляется в моче, а при голодании или усиленном расходе глюкозы при мышечной деятельности запасённый гликоген распадается с освобождением глюкозы. Этот процесс регулируется гормоном поджелудочной железы глюкагоном и гормонами надпочечников. При продолжительном голодании глюкоза образуется из белков и жиров.

## Как регулируется углеводный обмен?

Изменения концентрации глюкозы в крови воспринимаются нейронами-рецепторами гипоталамуса, который включает нервные и эндокринные механизмы регуляции. Симпатическая система усиливает распад углеводов, а парасимпатическая — синтез и запасание гликогена. Эндокринная регуляция осуществляется через гипофиз. Он стимулирует или тормозит секрецию периферических желёз, участвующих в углеводном обмене, — поджелудочной железы и надпочечников.

## Каким образом происходит обмен жиров?

Жиры являются для организма источником энергии: при их распаде высвобождается в два с лишним раза больше энергии, чем при распаде белков и углеводов (рис. 39.3). Жиры служат пластическим материалом для построения клеточных мембран и органоидов клетки. Они выполняют также защитные функции: жировые капсулы предохраняют внутренние органы от механических воздействий, а кожное сало делает кожу мягкой, эластичной, водонепроницаемой. Подкожный жир сохраняет тепло.




**Рис. 39.3.** Жировой обмен

Жиры переносят растворимые в них витамины A, D, E и др. Некоторые гормоны являются жирами, например надпочечниковые и половые.

Из глицерина и жирных кислот, поступающих с пищей, в клетках синтезируются специфические для данного организма жиры. Они могут образовываться и из поступающих в избытке углеводов. Жиры накапливаются в подкожной клетчатке, брюшине, вокруг внутренних органов и скелетных мышц.

## Каким образом регулируется жировой обмен?

Жировой обмен контролируется гипоталамусом через вегетативную нервную систему и гипофиз. Симпатические влияния способствуют распаду жира, а парасимпатические — отложению.

Жировой и углеводный виды обмена взаимосвязаны. Понижение концентрации глюкозы в крови вызывает распад жиров, а повышение её — образование жиров из углеводов.

Адреналин и норадреналин (мозгового вещества надпочечников), тироксин (щитовидной железы) и глюкагон (поджелудочной железы) способствуют распаду жиров и получению энергии. Некоторые кортикостероиды надпочечников и инсулин стимулируют образование и отложение жира.



Полноценные белки. Неполноценные белки. Заменимые аминокислоты. Незаменимые аминокислоты. Обмен белков. Обмен углеводов. Обмен жиров.



## Вопросы и задания

**1.** Какова роль белков, углеводов и жиров в организме? **2.** Какой организм нуждается в большем количестве белков пищи — растущий или взрослый? **3.** Перечислите конечные продукты обмена белков, жиров и углеводов. **4.** Какова роль нервной системы в регуляции обмена органических веществ? **5.** Какие железы регулируют обмен белков, углеводов и жиров?

# § 40. Обмен воды и минеральных солей. Витамины

Неорганические вещества поступают в организм только в растворённом состоянии. Вода и минеральные соли не расщепляются в органах пищеварения, а поступают в кровь и далее в клетки в неизменённом виде.

## Почему вода всё время находится в процессе обмена, а не запасается?

*Вода́* составляет около 2/3 массы тела человека. Более 90% воды содержат жидкие среды: плазма крови, лимфа, тканевая жидкость, пищеварительные соки. Вода является растворителем и средой, в которой протекают все биохимические реакции (рис. 40.1). Благодаря воде поддерживается состояние динамического гомеостаза. Потеря 10% воды обезвоживает организм, нарушает реакции обмена. При потере более 20% воды наступают необратимые процессы в организме, что может привести к гибели.

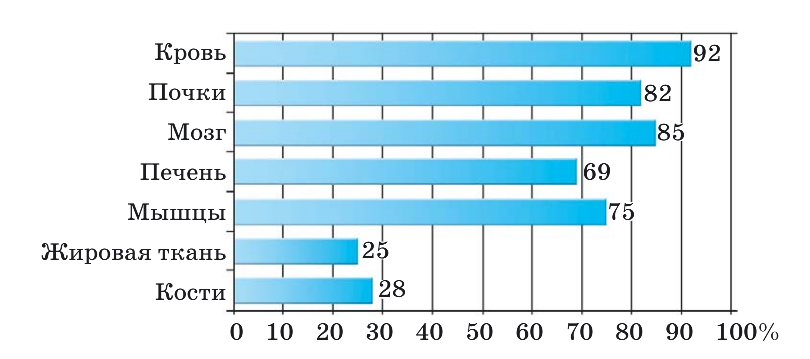



**Рис. 40.1.** Содержание воды в организме человека

Несмотря на большое количество воды в организме, все органы плотные, кости — твёрдые, так как бо́льшая часть внутриклеточной воды связывается главным образом белками и жирами. При уменьшении белков в плазме крови высвободившаяся вода проникает в ткани, вызывая отёки. Так возникают отёки при беременности, голодании, отравлениях, некоторых заболеваниях. Отёчность появляется и при избыточном поступлении жидкости в жировую клетчатку. В сутки до 1,5 л воды поступает в виде питья и с жидкими блюдами, столько же — с другими продук-

тами. Около 350 мл её образуется при распаде органических веществ. Объёмы потребляемой и выводимой воды в норме равны, что обеспечивает водный баланс в организме.

## Для чего организму нужны минеральные соли и как происходит их обмен?

*Минера́льные со́ли* необходимы для поддержания формы клеток, структуры белков и нуклеиновых кислот. Многие элементы входят в состав гормонов щитовидной железы (йод), гемоглобина (железо), участвуют в синтезе инсулина (цинк). Многие белки содержат кальций, фосфор, серу, магний, марганец. Наличием ионов натрия, калия, хлора обусловлены электрические заряды возбудимых тканей и нервная сигнализация, мышечное сокращение и свёртывание крови (кальций).

Содержание минеральных солей в разных органах неодинаково. В костях сконцентрировано около 99% кальция, 90% фосфора и 60% магния от общего их содержания в организме. В плазме крови и в подкожной жировой клетчатке особенно много хлорида (хлористого) натрия.

## Каким образом регулируется обмен воды и солей?

Правильнее говорить о водно-солевом обмене, так как обмен воды и минеральных солей взаимосвязаны. Его регуляцию осуществляет гипоталамус, нейроны-рецепторы которого избирательно реагируют на изменение в крови концентрации каждого иона. Влияя на секрецию гипофиза и надпочечников, гипоталамус регулирует выведение воды и солей, запускает действия, направленные на поиск и потребление воды, солей, т. е. поведение.

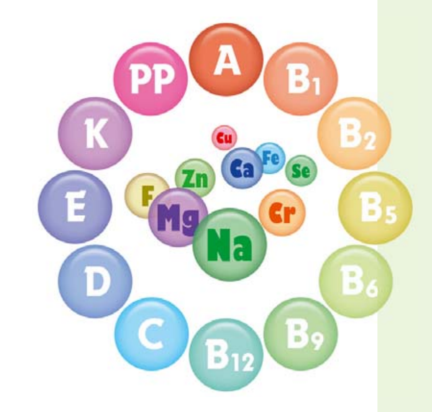
## Что такое витамины?

*Витами́ны* (от лат. *вита* — жизнь, амин) — «вещества жизни» — биологически активные органические соединения разного химического строения, необходимые для жизнедеятельности организма. Известно свыше 20 витаминов. Они обладают высокой активностью и поэтому необходимы в очень малых количествах.

В отличие от других факторов питания витамины не представляют материал для биосинтеза или получения энергии, однако участвуют практически во всех процессах обмена веществ.

Витамины входят в состав ферментов, усиливают действие гормонов, повышают иммунитет и сопротивляемость организма

стрессу, стимулируют рост и регенерацию тканей. Большинство витаминов не синтезируется в организме и должно регулярно поступать с пищей. Некоторые витамины продуцируют бактерии кишечника; в небольшом количестве они могут накапливаться.




Отсутствие витамина вызывает *авитамино́з*, а его недостаток — *гиповитамино́з*, которые приводят к тяжёлым заболеваниям. Избыток витаминов — *гипервитамино́з*, например жирорастворимых витаминов A и D, может нарушить обмен веществ и вызвать тяжёлые отравления организма. Различают *водораствори́мые* и *жирораствори́мые* витамины. Избыточное поступление водорастворимых витаминов не влечёт серьёзных последствий, так как их излишки выводятся.

## Какие витамины являются водорастворимыми?

Витамин C, или аскорбиновая кислота, содержится в свежих овощах и фруктах, в плодах шиповника, смородины, цитрусовых. Витамин C рекомендуют принимать при тяжёлой работе, острых инфекциях, гипертонической болезни и т. д.

Недостаточность его вызывает слабость, нервозность, признаки *цинги́* — кровоизлияния в коже, кровоточивость дёсен. В основе этих изменений при C-авитаминозе лежат нарушения всех видов обмена веществ в организме.

К водорастворимым относят и витамины группы B ($B_1$, $B_2$, $B_3$, $B_6$, $B_{12}$). Они содержатся в семенах злаков, бобовых, дрожжах, продуктах животного происхождения. Потребность в них удовлетворяется при нормальном питании.




При недостаточности $B_1$ развивается гиповитаминоз, проявляющийся в воспалении нервов — *полиневри́те* (болезнь бери-бери), в поражениях кожи, расстройстве движений и дыхания, нарушении обмена, потере аппетита и веса.

Недостаток витаминов группы B нарушает деятельность нервной и сердечно-

сосудистой систем, снижаются зрительные функции, иммунитет и обменные процессы белков, жиров, углеводов и синтез гемоглобина.

## Какие витамины жирорастворимы?

Витамин А, или ретинол, содержится в томатах, моркови, тыкве и животных жирах. Он входит в состав зрительного пигмента глаза. Так как он растворяется только в жирах, все содержащие витамин А продукты следует употреблять с маслом. При недостатке витамина возникает «куриная слепота» — никталопия — нормальное зрение днём и плохое в сумерках, снижается иммунитет, кожа становится сухой, мутнеет роговица («бельмо»).




Растворимый в жирах витамин D (антирахитический) содержится в коровьем сливочном масле, желтке яиц, печени, рыбьем жире. Он образуется в коже при ультрафиолетовом облучении. Витамин D участвует в регуляции обмена кальция и фосфора. При недостатке его у детей первых трёх лет жизни развивается *рахи́т*. Болезнь проявляется в нарушении функции нервной системы, поражении костной системы — размягчении и деформации костей черепа, конечностей, слабости мышц.



Вода. Минеральные соли. Витамины. Авитаминоз. Гиповитаминоз. Гипервитаминоз. Водорастворимые витамины. Цинга. Полиневрит. Жирорастворимые витамины. Рахит.

## Вопросы и задания

**1.** Почему вода и минеральные соли необходимы организму? **2.** Что такое водный баланс и каким образом он поддерживается в организме? **3.** Почему в пищу необходимо добавлять поваренную соль? **4.** Почему витамины необходимы организму? **5.** Заменяет ли избыточность одного витамина недостаточность другого? **6.** Поясните разницу в понятиях: гиповитаминоз, авитаминоз и гипервитаминоз. **7.** Используя Интернет, выясните условия сохранности витаминов в пище.

**Практическая работа** «Способы сохранения витаминов в пищевых продуктах».

# § 41. Нормы питания. Пищевые рационы

Питание определяет рост, развитие, здоровье, работоспособность и продолжительность жизни.



## Почему всем организмам нужно питаться?

*Пита́ние* — составная часть обмена веществ. В процессе питания продукты поступают в организм, где происходит переваривание, всасывание и усвоение питательных веществ. Посредством питания удовлетворяются потребности в пластическом материале и энергии.

Сбалансированные суточные дозы питательных веществ, необходимые для удовлетворения нужд организма в пластическом и энергетическом материалах, называют *но́рмами пита́ния*. Они должны покрывать затраты энергии на работу внутренних органов, на физическую активность, а у детей — ещё обеспечивать рост и развитие.

## Каковы нормы питания?

Они зависят от множества факторов: возраста, пола, массы, роста, рабочих нагрузок, климатических условий и др. Детям и подросткам необходимо относительно больше (в пересчёте на 1 кг массы тела) питательных веществ. Энергетические затраты работающих людей зависят от профессии (табл. 3).

*Таблица 3*

**Энергозатраты людей разных профессий**

| Группы профессий | Средние затраты энергии в сутки (в ккал) |
| --- | --- |
| Работники интеллектуального труда (учёные, врачи, педагоги) | До 3000 |
| Работники, выполняющие работу средней интенсивности (водители, токари, фрезеровщики) | До 3500 |
| Работники тяжёлого механизированного труда (шахтёры, кузнецы, сельскохозяйственные рабочие) | До 4000 |
| Работники тяжёлого физического труда (грузчики, землекопы, лесорубы) | Свыше 4000 |

Энергетическую ценность пищи оценивают количеством выделенного при сгорании (окислении) тепла. Например, 1 г белков и углеводов дают по 4,1 ккал (17,2 кДж), 1 г жира — 9,3 ккал

(39 кДж) тепла. По количеству питательных веществ устанавливают общую калорийность пищи.

На практике содержание белков, жиров, углеводов, минеральных веществ, витаминов и калорийность пищевых продуктов определяют по таблицам. В настоящее время эти сведения приводятся на упаковках продуктов. На их основании и с учётом норм питания и энерготрат составляют пищевые рационы.

### Что такое рациональное питание?

*Рациона́льное пита́ние* — полноценное питание людей, удовлетворяющее потребности, обеспечивающие необходимый уровень обмена веществ. При составлении рациона питания учитывают физиологические особенности, деятельность, время года и суток, климат, национальные традиции и индивидуальные привычки.

### Каким должен быть пищевой рацион?

*Пищево́й рацио́н* — это набор продуктов, содержащих питательные вещества в количестве, достаточном для удовлетворения пищевых потребностей. Он основывается на энергетической ценности пищи, должен покрывать энерготраты, содержать оптимальное количество пищевых и биологически активных веществ.

Пища должна хорошо усваиваться, что зависит от состава и способа её приготовления, иметь высокие органолептические свойства: вид, консистенцию, вкус, запах, цвет, температуру, быть разнообразной. Наконец, пища должна создавать чувство насыщения, быть полезной и безопасной в санитарном отношении.

### Что ещё должно быть учтено при рациональном питании?

Надо учитывать режим питания, время и количество приёмов пищи, интервалы между ними и условия приёма: обстановку, сервировку стола, вид пищи, отсутствие отвлекающих моментов. Специально подобранный по количеству, составу, калорийности (энергетической ценности) и кулинарной обработке рацион и режим питания называют *дие́той* (от греч. *диета* — образ жизни).

### В пищевом рационе должна учитываться усвояемость пищи. Что это значит?

*Усвоя́емость* — способность пищи к перевариванию и всасыванию содержащихся в ней питательных веществ. Она зависит от количества и качества пищи, способа её приготовления, индивидуальных особенностей и состояния организма. Около 16% пищи не усваивается.

Углеводы усваиваются хорошо при любом составе пищи. Животные белки усваиваются лучше растительных. Например, белки мяса, молока, рыбы усваиваются почти полностью, а растительные на две трети. Усвоение белков улучшается при наличии овощей, стимулирующих сокоотделение желёз.

Жирная пища снижает усвояемость белков и хорошо всасывается вместе с углеводами. Углеводы же в преобладающем количестве тормозят переваривание и белков, и жиров.

В пищевом рационе должно быть не менее 30% полноценных белков животного происхождения. В рацион следует включать грубоволокнистую углеводную пищу. Растительная клетчатка не переваривается, но необходима для нормализации состава кишечной микрофлоры и способствует опорожнению кишечника.

## Какие проблемы могут возникнуть при неправильном питании?

Многие люди имеют проблемы с весом тела. Каковы бы ни были причины этого нарушения, оно осложняет работу всех органов и систем. Встречаются нарушения, связанные с избыточной и низкой массой тела.

## Почему возникает и к чему может привести ожирение?

Избыточное отложение жировой ткани, или *ожире́ние*, встречается в любом возрасте. Причём часто его начало относится к детскому периоду. Оно происходит вследствие усиленного питания при недостаточной двигательной активности или при заболеваниях. В его основе лежит преобладание процессов синтеза и накопления жира над процессами его распада. Механизм ожирения — нарушение жирового и углеводного обмена, что приводит к превращению углеводов в жиры.

Профилактика ожирения должна начинаться в детстве и основываться на сбалансированном питании, достаточной физической активности.

## Почему возникает и к чему может привести анорексия?

*Анорекси́я* (от греч. *ан* — без, не, *орексис* — желание есть, аппетит) — отсутствие аппетита при потребности в питании, обусловленное нарушениями деятельности пищевого центра мозга. Она может возникнуть при чрезмерном возбуждении коры головного мозга, особенно при отрицательных эмоциях, при чрезвычай-

ных состояниях, например испуге. Наиболее тяжёлая форма протекает с неадекватным стремлением к похуданию, самоограничением в пище. Встречается в юношеском возрасте, преимущественно у девушек.

Основой неправильного стремления к похуданию является «ценная» мысль излишней полноты. Страсть «худеть любым путём» начинается с исключения калорийной пищи и уменьшения рациона. Помимо этого, больные выполняют изнуряющие упражнения, принимают слабительные средства. Потеря массы тела до половины, как правило, не останавливает. При этом возникают эндокринные расстройства, исчезает подкожный жир, истончаются мышцы, кожа становится сухой, отмечаются ломкость ногтей, выпадение волос, кариес зубов.

## Полезно ли вегетарианство?

*Вегетариа́нство* — это способ питания, исключающий мясные и рыбные продукты, а также учение о том, что естественной пищей человека являются растительные продукты. Вегетарианцы «сыроеды» питаются только сырой растительной пищей, полагая, что термическая обработка снижает качество продуктов, понижает содержание витаминов. У детей, переведённых на вегетарианскую диету, часто наблюдается задержка умственного и физического развития. Вероятно, должен существовать какой-то разумный компромисс между использованием в детском возрасте мяса и ограничением его в зрелые годы.

Отношение большинства врачей и специалистов по питанию к вегетарианской диете, особенно в детстве и юности, при беременности, в пожилом возрасте и при некоторых заболеваниях, резко отрицательное, так как рацион в этом случае не обеспечивает человека полноценным белком, витаминами $B_{12}$, A и D. В условиях преобладания растительной пищи дефицит многих веществ частично компенсируют увеличением её количества. При этом нарушаются оптимальные соотношения между всеми другими компонентами пищи.



Питание. Нормы питания. Рациональное питание. Пищевой рацион. Диета. Усвояемость. Ожирение. Анорексия. Вегетарианство.

## Вопросы и задания

**1.** Что называют питанием? **2.** Объясните, почему питание должно быть сбалансированным и рациональным. **3.** Чем рацион человека, занимающегося физическим трудом, должен отличаться от рациона человека умственного труда? **4.** Какой вред приносит избыточное питание? **5.** Чем опасна анорексия? **6.** Каковы плюсы и минусы вегетарианства?

**Лабораторная работа** «Составление суточного пищевого рациона».

# § 42. Кожа и её гигиена



«Своя рубашка ближе к телу», — гласит народная мудрость. *Ко́жа* — это своеобразная рубашка — наружный покров тела, площадью 1,6–1,8 м$^2$. Она ограничивает организм от окружающей среды.

## Какие функции выполняет кожа?

Наружными покровами организма являются кожа и слизистые оболочки. Функции кожи — защитная, выделительная, рецепторная и др. По состоянию кожи можно судить о нарушениях функций внутренних органов.

Защищая организм от вредных воздействий, кожа препятствует проникновению инфекций и ядов.

Важную роль кожа играет в обмене воды и солей, а особенно в терморегуляции. В течение суток через неё выделяется более полулитра жидкости, с которой выводятся соли, молочная кислота и другие продукты. Около 80% тепла отдаётся через кожу. Она участвует в регуляции кровообращения: в сосудах кожи может находиться до 1 л крови.

Кожа пронизана чувствительными нервными окончаниями, воспринимающими различные воздействия: тепло и холод, прикосновение и давление. С помощью рецепторов мышц и кожи человек определяет размеры, плотность, форму предметов. Особенно много их на кончиках пальцев рук, подошвенной части стопы, губах и щеках.

## Каково строение кожи?

Кожа состоит из эпидермиса и дермы, или собственно кожи, под которой расположена подкожная жировая клетчатка (рис. 42.1). В разных участках тела толщина кожи может быть от 0,5 до 4 мм.

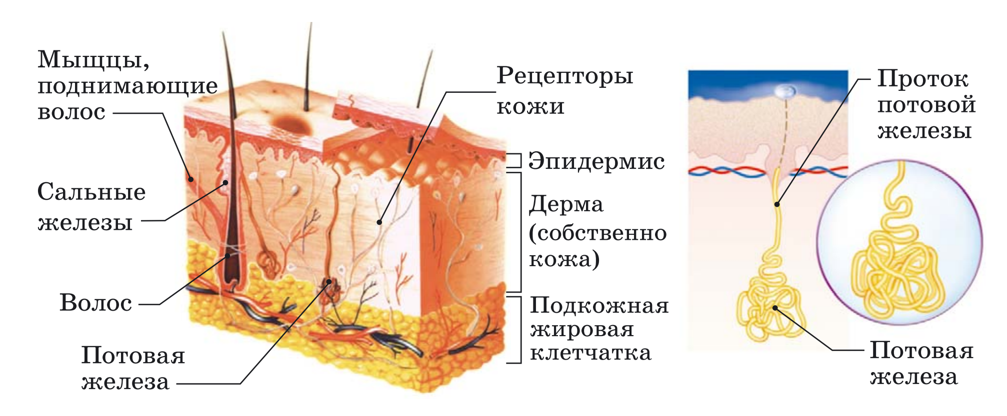



**Рис. 42.1.** Строение кожи

*Эпиде́рмис* (от греч. *эпи* — на, *дерма* — кожа) — многослойный плоский ороговевающий эпителий, наиболее утолщённый на подошвах и ладонях. Клетки поверхностного слоя ороговевают и слущиваются в виде *роговы́х чешу́ек*. Роговой слой обновляется примерно за 10 суток. Расположенные в глубине клетки росткового слоя эпидермиса интенсивно делятся, постоянно восполняют омертвевшие клетки поверхностного слоя.

При солнечном свете в эпидермисе синтезируется пигмент *мелани́н*, придающий коже цвет. Содержание меланина у людей разных рас неодинаково. Пигмент ограждает организм от повреждающего действия ультрафиолетовых лучей.

В *де́рме*, или *со́бственно ко́же*, выделяют сосочковый и сетевидный слои. Сосочковый слой образован рыхлой соединительной тканью, которая даёт многочисленные выросты, сосочки, вдающиеся в эпидермис. Они создают индивидуальный рисунок кожи — *папилля́рный* (от лат. *папилла* — сосок) *узо́р*.

В сосочковом слое имеются гладкие мышечные волокна, при сокращении которых на холоде появляется «гусиная кожа». В результате уменьшается секреция потовых желёз, приток крови в капилляры, а в итоге и теплоотдача. Сетевидный слой образован плотной соединительной тканью, создающей прочность. В дерме расположены потовые и сальные железы, корни волос, кровеносные и лимфатические сосуды, рецепторы и нервы.

*Подко́жная жирова́я клетча́тка* служит жировым депо, т. е. накапливает запас питательных веществ, термоизолирует тело, смягчает механические воздействия, делает кожу подвижной.

## Что ещё есть в коже и на её поверхности?

В дерме, на границе собственно кожи и подкожной жировой клетчатки находятся железы (потовые, сальные, молочные, апокриновые) и роговые придатки (волосы, ногти). *По́товые же́лезы* встречаются почти на всех участках кожи, особенно на пальцах, ладонях, подошвах, в подмышках и в паху. Пот на 98% состоит из воды. Железы кожи участвуют в терморегуляции и выделении, так вместе с потом выводятся соли, продукты обмена, а при его испарении теряется до 20% тепла.

Апокриновые (от греч. *апокрино* — отделяю) железы начинают функционировать с периода полового созревания до наступления старческого возраста. Они выделяют феромоны (от греч. *феро* — нести), которые оказывают влияние на поведение (страх, тревога, половое привлечение (половые аттрактанты)).

Выводные протоки *са́льных желёз* открываются у основания волоса. Больше всего их на голове, лице и верхней части спины. Секрет сальных желёз — *ко́жное са́ло*, оно смазывает волосы и эпидермис, смягчает и предохраняет кожу от бактерий, воды, высыхания, воздействия ультрафиолетового света.

*Моло́чные же́лезы* — парные видоизменённые потовые железы внешней секреции. У мужчин находятся в рудиментарном состоянии. У женщин развиваются в период полового созревания.

*Во́лосы* расположены почти на всей поверхности кожи. В толще дермы, на границе с подкожной жировой клетчаткой, находятся корни волос, заключённые в волосяную луковицу, или фолликул, вблизи которого находятся нервные окончания, мышечные волокна, сосуды. На поверхность кожи выступают стержни волос. Волосы постоянно сменяются в течение жизни. С возрастом они седеют: теряют окраску, в них появляются пузырьки воздуха.

*Но́гти* — производные эпидермиса. Ноготь представляет собой плотную роговую пластинку, лежащую на ногтевом ложе.

## Для чего необходима забота о коже, её гигиена?

Правильный уход за кожей предотвращает её заболевания и преждевременное старение, уменьшение эластичности, образование морщин и складок, ухудшение цвета.

Кожное сало и органические вещества создают благоприятные условия для бактерий. Слущивающиеся чешуйки эпидермиса и скопление кожных выделений закупоривают протоки кожных желёз, резко снижают выделение бактерицидных веществ, что может служить благоприятными условиями для размножения болезнетворных микробов.

Проникновение микробов через повреждённую грязную кожу вызывает воспаление. Любые раны необходимо обрабатывать антисептиками. При попадании в рану бактерий с землёй возможно заражение столбняком. С профилактической целью проводят противостолбнячную прививку.

Правила ухода за кожей просты. Регулярно мыть руки с мылом. Ежедневно менять нательное бельё и проводить гигиенические мероприятия: душ утром и вечером, чистить зубы 2 раза в день по 2 минуты, полоскать полость рта после приёма пищи. Один-два раза в неделю принимать гигиеническую ванну, обрабатывать наружные слуховые проходы, ухаживать за ногтями рук и ног.

## Что такое закаливание?

Под *зака́ливанием* понимают планомерное приспособление организма к неблагоприятным факторам окружающей среды. Под влиянием систематического действия низких температур усиливается обмен веществ, совершенствуются защитные механизмы, улучшаются сосудистые реакции и сердечная деятельность, ускоряется движение крови по сосудам.

Наиболее распространённой формой закаливания служат воздушные ванны в сочетании с активными движениями. В тёплое время года хороши прогулки на свежем воздухе, туристические походы, сон в помещении с открытым окном. Зимой — катание на коньках, ходьба на лыжах. Закаливанию способствует утренняя гимнастика на открытом воздухе или в проветриваемом помещении.

Более сильное закаливающее действие имеют водные процедуры. Вода оказывает и механическое воздействие на кожу, массирует её, улучшает кровоснабжение. Закаливание можно проводить в виде обтирания или обливания водой. Эффективным способом закаливания является купание в открытых водоёмах.

Закаливающим фактором могут быть и солнечные ванны. Солнечные лучи вызывают расширение сосудов кожи, усиливают деятельность кроветворных органов, способствуют образованию в организме витамина D. Следует помнить, что избыточное солнечное облучение способствует обострению хронических заболеваний, возникновению злокачественных опухолей кожи.

## Какие меры следует применять при ожогах?

*Ожо́гами* называют повреждения тканей, возникающие при действии водяного пара, химических веществ, электрического тока, солнечных лучей, при контакте с раскалёнными предмета-

ми или огнём. В случае получения ожога обратитесь к взрослым или к врачу. Первую помощь вы можете оказать, наложив стерильную сухую повязку на область ожога.

### Как оказать первую помощь при обморожениях?

*Обморожéниями* называют местные поражения холодом открытых участков тела (нос, уши, щёки, пальцы ног и рук). На обмороженных участках кожа бледнеет вследствие сужения капилляров, ощущается покалывание, теряется чувствительность. Необходимо обратиться к взрослым или к врачу, доставить пострадавшего в тёплое помещение (больницу), дать тёплое питьё (сладкий чай) и сухое тепло.



Кожа. Эпидермис. Дерма. Подкожная жировая клетчатка. Роговые чешуйки. Меланин. Папиллярный узор. Потовые железы. Сальные железы. Кожное сало. Молочные железы. Волосы. Ногти. Закаливание. Ожог. Обморожение.



### Вопросы и задания

**1.** В чём проявляются защитная и выделительная функции кожи? **2.** Как строение кожи обеспечивает её функции? **3.** Какова роль кожных желёз? **4.** Что представляют собой волосы и ногти? **5.** Как оказать первую помощь пострадавшему в случаях ожогов и обморожений?



**Лабораторная работа** «Определение типа кожи».

## § 43. Терморегуляция организма и её нарушения



Благодаря непрерывному обмену веществ в организме постоянно образуется тепло — вид энергии, имеющий важное значение для жизнедеятельности.

### Какие противоположные и взаимосвязанные процессы для поддержания температуры протекают в организме?

Человек получает тепло при распаде и окислении питательных веществ. Одновременно происходит отдача тепла. Температура тела зависит от *теплообразовáния* и *теплоотдáчи*. Физиологические процессы, направленные на поддержание температуры тела на постоянном уровне, называют *терморегуля́цией*. Различают химическую и физическую терморегуляцию.

## Как осуществляется химическая терморегуляция?

Химическая терморегуляция, или теплопродукция, — образование тепла в результате окислительных процессов, связанных с дыханием, пищеварением и работой мышц. Только за один час в теле образуется столько тепла, сколько нужно, чтобы вскипятить один литр ледяной воды. Тепло образуется главным образом в органах, в которых интенсивно протекает обмен веществ, например в печени (отсюда название органа) — 30%, в мышцах — около 60% тепла. Теплообразование возрастает при работе мышц.

Интенсивное теплообразование предохраняет организм от охлаждения. Снижение обмена веществ с повышением температуры среды защищает человека от перегревания.

## Как происходит физическая терморегуляция?

Физическая терморегуляция происходит за счёт теплоотдачи. В основном она осуществляется через кожу — 80%, в меньшей степени через органы дыхания — 13%, около 5% теряется с мочой и калом. В процессе физической терморегуляции кровь через капилляры кожи отдаёт тепло и охлаждается.

## Каковы основные способы теплоотдачи?

Основные способы теплоотдачи — теплопроведение, теплоизлучение и испарение.



*Теплопроведе́ние*, или *конве́кция*, — перенос тепла к менее нагретым предметам. Этим способом теряется до 15% тепла. Воздух под одеждой задерживает тепло; в воде теплоотдача возрастает.

*Теплоизлуче́ние* — испускание телом тепловых, инфракрасных, лучей. Таким образом, тело человека излучает 60% тепла. Этим теплом пассажиры, например, частично «обогревают» метрополитен.




*Испаре́ние* — переход влаги из жидкого состояния в парообразное. Испарение пота с поверхности кожи сопровождается потерей около 25% тепла. Испарение возрастает при высокой температуре и низкой влажности воздуха.

В жарком климате или работе в нагретых помещениях теплоотдача посредством теплопроведения и теплоизлучения затруднительна

и охлаждение тела происходит только путём испарения. При этом человек может терять 9–15 л пота в сутки.

У человека в покое при температуре воздуха 20 °C суммарная теплоотдача равна 100 ккал (419 кДж) в час.

Потере тепла препятствует подкожный жир, одежда. Сама по себе одежда не греет, а лишь способствует образованию слоёв воздуха, который из-за малой теплопроводности уменьшает теплоизлучение.

Можно выделить ещё один способ терморегуляции — поведенческий. Это выбор места, избегание крайних температур, ношение одежды по сезону.

## Что понимают под температурой тела?

Температура разных участков кожи (рис. 43.1) неодинакова и непостоянна. Она зависит от температуры окружающей среды и влажности воздуха, защищённости одеждой, кровотока и двигательной активности. Постоянна только температура внутренних органов, которые представляют *температу́рное ядро́*. Температура конечностей, кожи и мускулатуры — ниже и изменчива.

В подмышечной области температура колеблется от 36 до 37 °C. В течение суток она изменяется на 1 °C, самая низкая — ночью, а самая высокая — вечером. Высокая температура вызывает сердцебиение, повышение артериального давления крови и потоотделение. При температуре выше 40 °C наступает расстройство

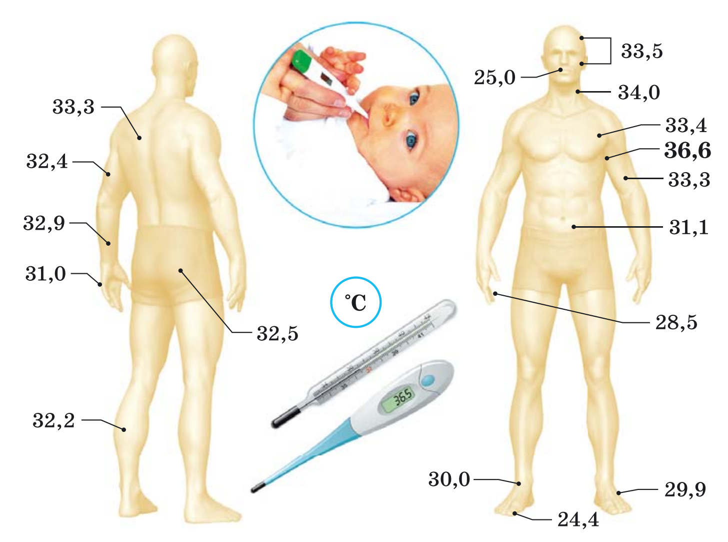



**Рис. 43.1.** Температура разных участков тела человека

сознания — бред, а при более высокой (до 43 °С) в организме происходят процессы, несовместимые с жизнью. Снижение температуры мозга на 2–3 °С приводит к потере сознания, а охлаждение всего тела до 25 °С несовместимо с жизнью.

### Как поддерживается постоянная температура тела?

Постоянная температура тела поддерживается нервными и гуморальными механизмами по принципу термостата — прибора для поддержания температуры, например холодильник.

Рефлекторно она осуществляется центрами теплообразования и теплоотдачи гипоталамуса. Эти центры возбуждаются импульсами от холодовых и тепловых рецепторов кожи и прямым действием крови. Через вегетативную нервную систему они влияют на обмен веществ и кровообращение в коже и мышцах, а через гипоталамо-гипофизарную систему — на активность эндокринных желёз: щитовидной, поджелудочной, надпочечников.

### Чем опасно перегревание?

Перегревание, повышение температуры тела до 39–40 °С, вызывает головокружение, головную боль, потоотделение, слабость, потерю сознания, судороги.

Перегревание может возникнуть на производствах с высокой температурой, в районах с жарким климатом, под лучами палящего солнца, при интенсивной мышечной работе.

Перегревание может вызвать *теплово́й шок* или даже *теплово́й уда́р*. Солнечные инфракрасные лучи могут вызвать *со́лнечный уда́р* — нарушение деятельности головного мозга. Эти явления могут развиваться и при нормальной температуре и влажности окружающего воздуха.

### Какую помощь следует оказывать в этих случаях?

Обратите внимание взрослых на пострадавшего и вызовите «скорую помощь» по экстренному телефону 103. До приезда бригады медицинских работников необходимо уложить пострадавшего в прохладном месте, приподнять голову, расстегнуть стесняющую одежду. На лоб и область сердца положить смоченную в прохладной воде ткань. Обеспечить доступ свежего воздуха.

Если пострадавший в сознании, ему дают холодные чай или воду. При отсутствии сознания, дыхания и сердцебиения проводят реанимационные мероприятия.

Теплообразование. Теплоотдача. Терморегуляция. Теплопроведение (конвекция). Теплоизлучение. Испарение. Температурное ядро. Тепловой шок. Тепловой удар. Солнечный удар.

## Вопросы и задания

**1.** Какие существуют виды терморегуляции? **2.** Каким образом одни органы участвуют в теплообразовании, а другие — в теплоотдаче? **3.** Каково значение находящихся в коже рецепторов, воспринимающих высокие и низкие температуры тепловых и холодовых рецепторов? **4.** Объясните, почему возникает перегревание тела. Назовите меры первой помощи.

## Знаете ли вы, что...

*Вегетариа́нство* с древних времён являлось обязательным для приверженцев многих религий, последователей философских школ. Причины воздержания от мяса могут быть различны — если для верующего индуиста убийство любой живой твари недопустимо по убеждениям, то Пифагор, Платон и другие философы считали, что отказ от мяса позволяет достичь духовных высот. В христианстве и мусульманстве нет запретов на употребление мяса. Однако верующие в дни поста отказываются от него.

Самыми ревностными сторонниками растительной пищи являются *вега́ны*, или *старовегетариа́нцы*. У них убеждения шире и строже диетических пониманий. Веганы не должны употреблять и применять всё, что связано с животными: мёд, мех, шерсть, кожу.



## Выводы по главе «Обмен веществ и превращение энергии»

Обмен веществ и превращение энергии — совокупность химических и энергетических процессов, протекающих в организме и обеспечивающих его жизнедеятельность.

Он состоит из пластического обмена, за счёт которого синтезируются вещества, и энергетического обмена, в результате которого накопленная энергия выделяется и используется организмом.

Большую роль в обмене веществ играют витамины, которые являются составными компонентами ферментов.

Различают основной и общий обмен. Энергетические расходы должны покрываться при питании и учитываться в пищевых рационах.

Кожа человека состоит из эпидермиса, дермы и подкожной жировой клетчатки.

Постоянная температура тела поддерживается за счёт процессов теплообразования и теплоотдачи. Теплообразование происходит вследствие биологического окисления, «горения» органических веществ, теплоотдача — за счёт перехода тепла с поверхности кожи и лёгочных альвеол. Термобаланс регулируется нервной и эндокринной системами.

Гигиенические процедуры, повышающие устойчивость к изменениям температуры, главным образом к холоду, называют закаливанием.

### Темы докладов, рефератов, презентаций, проектов

1. Изучение суточной потребности организма подростка в воде.
2. Поваренная соль — вечное лекарство или тайный убийца?
3. Белки — основа жизни. Белковый обмен.
4. Условия перехода углеводов в жиры. Изучение влияния инсулина.
5. Ожирение и его вред для организма.
6. О пользе диет.
7. История открытия и изучения витаминов.
8. Почему мы стареем?
9. Можно ли доверять гаданию по руке?
10. О чём может рассказать кожа опытному врачу?
11. Изучение суточных колебаний температуры тела у человека.
12. Выяснение роли кожного сала и моющих свойств мыла.

# Глава 10
# ВЫДЕЛЕНИЕ

## § 44. Органы выделения

В процессе метаболизма образуются ненужные и опасные для организма продукты, от которых необходимо избавляться.

### В чём значение выделения?

Освобождение организма от конечных продуктов обмена веществ, избытка воды, солей и органических соединений, поступивших с пищей или образовавшихся в ходе обмена веществ, называют *выделе́нием*. Эту функцию выполняют кожа, лёгкие, органы пищеварения, но главным образом мочевыделительная система. Через потовые и сальные железы кожи выводятся вода, некоторые органические вещества, соли; при дыхании удаляются вода, углекислый газ и летучие вещества. С калом выходят неиспользованные вещества, соли, вода. Но 90% ненужных продуктов удаляется через мочевыделительную систему.

### Что такое водный баланс?

Соотношение между поступившей и выведенной водой (рис. 44.1) называют водным балансом. Он исключительно важен: вода не только символ жизни, но и сама жизнь.



Изучите круговые диаграммы, на которых представлены пути выведения и поступления воды в организм человека. Какие выводы можно сделать на основании их сравнения?

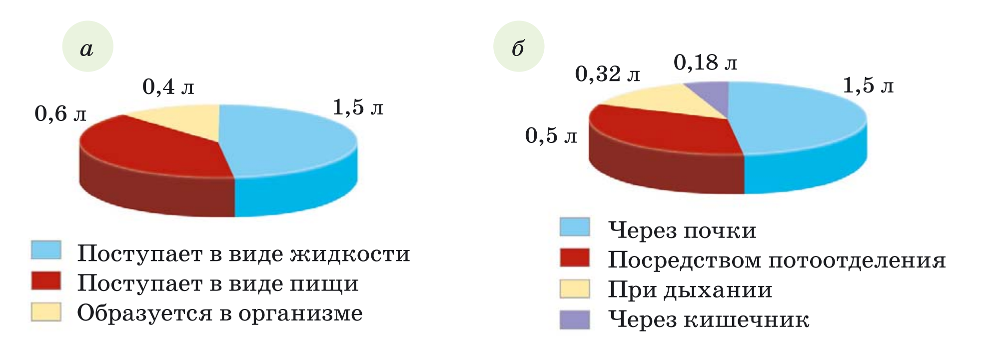



**Рис. 44.1.** Водный баланс в организме человека

## Как устроена мочевыделительная система?

Она представлена почками, мочеточниками, мочевым пузырём и мочеиспускательным каналом (рис. 44.2). Главные органы выделения — почки. Они поддерживают водный баланс, концентрацию солей и другие физико-химические константы, участвуют в регуляции давления крови и вместе с другими системами обеспечивают гомеостаз. С мочой выделяется избыток воды, солей и мочевина — продукт распада белков.

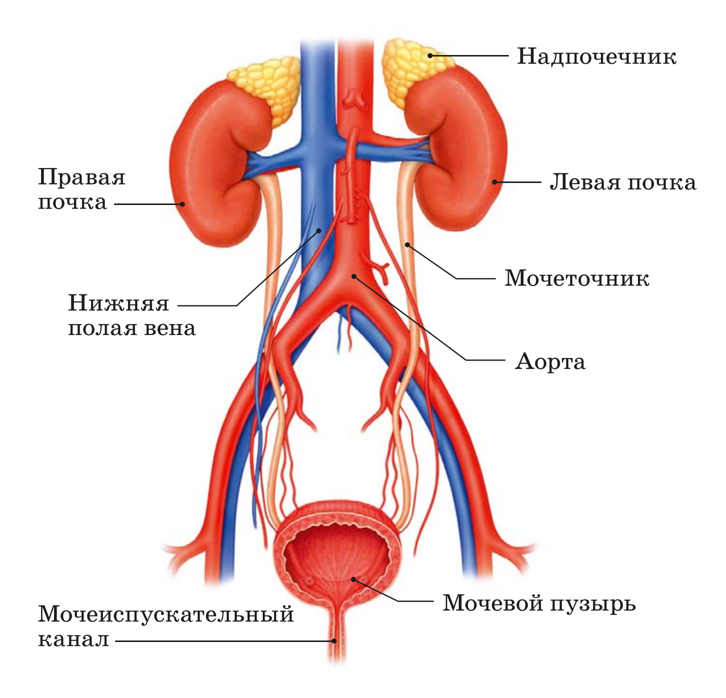



**Рис. 44.2.** Строение мочевыделительной системы

## Каково строение почек?

*По́чки* — парные органы бобовидной формы, расположенные чуть выше поясницы по бокам от позвоночника (рис. 44.3). Масса каждой почки у взрослого человека около 120 г. На внутренней стороне, обращённой к позвоночнику, находятся ворота почки — место прохождения сосудов и мочеточников.

На разрезе почки различают наружное *ко́рковое вещество́* и внутреннее *мозгово́е вещество́*. Небольшая полость у вогнутого края — почечная лоханка — сужается и переходит в мочеточник.

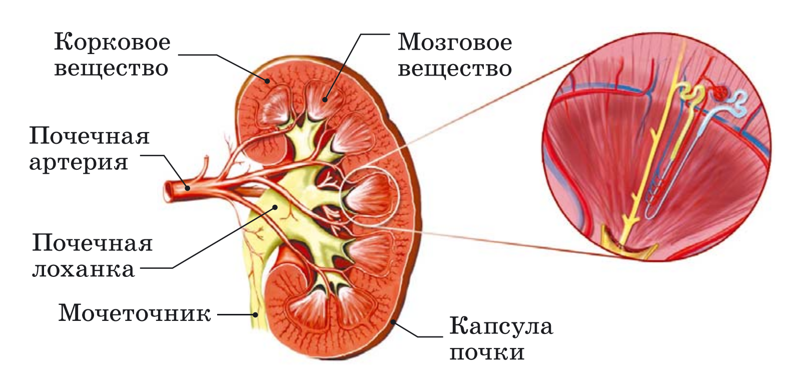



**Рис. 44.3.** Строение почки

## Что видно в почке под микроскопом?

В каждой почке около миллиона микроскопических телец — *нефро́нов*, являющихся функциональными единицами строения (рис. 44.4). Нефрон начинается в корковом веществе двухслойной капсулой, от которой отходит извитой каналец, спускающийся в мозговое вещество. Там делает петлю (петля Генле́) и вновь возвращается в корковое вещество и, извиваясь, переходит в собирательную трубочку. Собирательные трубочки вливаются в систему протоков, по которым моча оттекает в почечную лоханку.

Ответвления почечной артерии в капсулах нефронов образуют капиллярный клубочек. По выходе из капсулы капилляры вновь собираются в выносящий сосуд, который вторично распадается на капиллярную сеть, оплетающую извитые канальцы. Капилляры извитых канальцев собираются в венулы, в мелкие вены и впадают в почечную вену. Сосудистые сплетения капсулы и канальцев формируют *воро́тную систе́му кровообраще́ния по́чки*, подобную воротной системе печени.

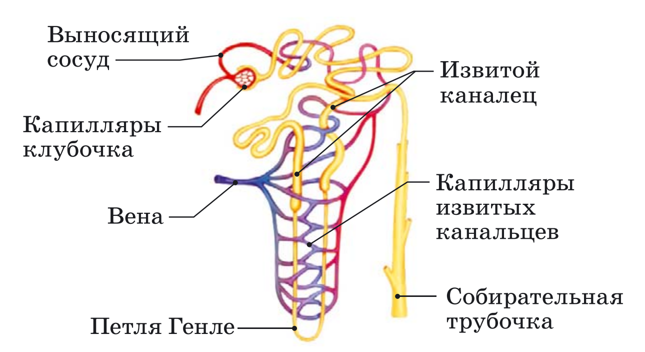



**Рис. 44.4.** Строение нефрона

### Как же образовавшаяся в почках моча выводится наружу?

Для этого служат мочеточники, мочевой пузырь, мочеиспускательный канал. Почечная лоханка является началом мочеточника. *Мочето́чник* — выводящий проток, по которому моча поступает в мочевой пузырь. *Мочево́й пузы́рь* — полый мышечный орган, ёмкостью около 0,5 л, расположенный в нижней части полости таза. Из мочевого пузыря выходит *мочеиспуска́тельный кана́л*.

У женщин мочеиспускательный канал короткий, а у мужчин он достигает 18–20 см.



Выделение. Почка. Корковое вещество. Мозговое вещество. Нефрон. Воротная система кровообращения почки. Мочеточник. Мочевой пузырь. Мочеиспускательный канал.



### Вопросы и задания

**1.** Какие органы и системы выполняют функции выделения? Какие вещества они выводят? **2.** Из чего состоят органы мочевыделительной системы? **3.** Где находятся и как устроены почки? **4.** Что такое нефрон и какова его структура? **5.** Какую роль играют почки в поддержании постоянства внутренней среды организма?

## § 45. Образование мочи. Профилактика почечных заболеваний

«Вот чудо — я пью и кофе, и воду, и чай, и какао, а из меня выходит один только чай» — так в произведении К.И. Чуковского описан продукт выделения, вырабатываемый почками человека и животных.

### Насколько интенсивно кровоснабжение почек?

За минуту через почки протекает почти четверть всей крови. Кровоснабжение почек проходит не между артерией и веной, как в большинстве органов, а через две сети капилляров — в клубочках и вокруг канальцев.

### Как образуется моча?

Моча образуется (рис. 45.1) из плазмы крови в результате фильтрации и обратного всасывания. Эти процессы происходят в нефронах в две фазы.

*Перви́чная моча́* образуется в капсуле. Стенки капилляров и капсулы нефронов образуют фильтрационную мембрану площадью до 2 м$^2$.

В капиллярах клубочков давление крови в 3–4 раза больше, чем в капиллярах других органов. Высокое давление обусловлено разницей в диаметре приносящих и выносящих сосудов — артериол.

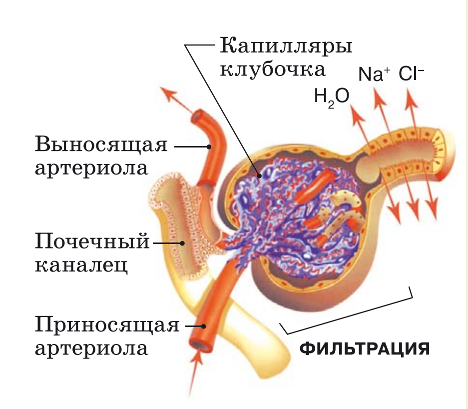



**Рис. 45.1.** Образование мочи

Плазма под давлением фильтруется через стенки капилляров и капсулы нефрона. Фильтрационная мембрана не пропускает клетки крови и крупные молекулы, зато растворённые в плазме крови вещества легко преодолевают её. Поэтому содержание их в образующейся первичной моче и в плазме крови одинаково. За сутки через почки протекает 1700–1800 л крови, из которой отфильтровывается 150–180 л первичной мочи.

*Втори́чная*, или *коне́чная*, *моча́* образуется в извитых канальцах. Через стенки канальцев в оплетающие их капилляры из первичной мочи обратно всасываются аминокислоты, глюкоза, вода и соли. Глюкоза всасывается полностью, вода — на 96%, а мочевина и мочевая кислота вообще не всасываются. Поэтому их концентрация возрастает в десятки раз. В итоге за сутки образуется около 1,5 л вторичной мочи (табл. 4).

*Таблица 4*

**Состав плазмы крови, первичной и вторичной мочи (в %)**

| Составные вещества | Плазма крови | Первичная моча | Вторичная моча |
|---|---|---|---|
| Белки, жиры, гликоген | 7–9 | Отсутствуют | Отсутствуют |
| Глюкоза | 0,1 | 0,1 | Отсутствует |
| Натрий (в составе солей) | 0,3 | 0,3 | 0,4 |
| Хлор (в составе солей) | 0,37 | 0,37 | 0,7 |
| Калий (в составе солей) | 0,02 | 0,02 | 0,15 |
| Мочевина | 0,03 | 0,03 | 2,0 |
| Мочевая кислота | 0,004 | 0,004 | 0,05 |

Обратное всасывание воды и растворённых в ней веществ (аминокислот, глюкозы, витаминов, ионов $Na^+$, $K^+$, $Ca^{2+}$ и др.) из первичной мочи в кровь обеспечивает её постоянство, гомеостаз.

Процесс обратного всасывания требует огромных энерготрат, и обмен веществ в почках очень интенсивный: составляя всего лишь сотую массы тела, они потребляют почти десятую часть всего кислорода. Мочеобразование возрастает на холоде, при потреблении жидкости и белковой пищи. Интенсивность его возрастает при действии адреналина, кофеина, содержащегося в кофе и чае. Во влажной и жаркой среде, при питании всухомятку и обильном потоотделении образование мочи уменьшается.

## Как выводится вторичная моча?

За мочеобразованием следует мочевыведение. Перистальтическими сокращениями стенок мочеточников моча перемещается в мочевой пузырь.

Мочеиспускание у взрослых — условно-рефлекторный акт, а у детей грудного возраста происходит непроизвольно. При наполнении мочевого пузыря возрастает напряжение его стенки и возбуждаются находящиеся в ней рецепторы. Импульсы от них передаются в головной мозг, вызывая позывы к мочеиспусканию. От него команды передаются в центр мочеиспускания крестцового отдела спинного мозга, заставляющий расслабляться мышцу-сжиматель мочевого пузыря и сокращаться его стенки.

Для мочеиспускания необходимо расслабление поперечнополосатых мышц промежности, запирающих мочеиспускательный канал. Они управляются корой полушарий. Высшие мозговые центры могут произвольно тормозить и усиливать мочеиспускание.

## Как предупредить заболевания почек?

Нарушение работы почек неминуемо ведёт к изменению состава внутренней среды, отравлению организма веществами, которые обычно выводятся с мочой. При повреждении капсул нефронов в канальцы попадают белки и форменные элементы крови, которые не способны всасываться обратно и присутствуют в конечной моче. Вредные вещества остаются в крови, отравляют организм, а вода, задерживаясь, вызывает отёки.

Почечные канальцы имеют высокую чувствительность к ядам, в том числе вырабатываемым болезнетворными вирусами и бактериями. В результате нарушения обратного всасывания и обра-

зования вторичной мочи организм теряет воду, глюкозу и другие жизненно необходимые вещества.

Вся имеющаяся в организме кровь проходит через почки многократно. Поэтому алкоголь, острая пища, поваренная соль в больших количествах действуют на нефроны, нарушая их работу, губительно влияя на организм. Переполнение мочевого пузыря препятствует дальнейшему поступлению мочи, и несвоевременное освобождение его вредит почкам.

В настоящее время в лечении хронических заболеваний почек, острой и хронической почечной недостаточности применяют *ме́тод гемодиа́лиза* (от греч. *гемо* — кровь, *диализис* — отделение) при помощи аппарата «искусственная почка». В тяжёлых случаях делают пересадку здоровых донорских почек.



Первичная моча. Вторичная, или конечная, моча. Метод гемодиализа.



## Вопросы и задания

**1.** Какое значение имеет обильное кровоснабжение почек? **2.** Объясните механизмы образования первичной и вторичной мочи. **3.** Какие факты указывают на энерготраты на образование вторичной мочи? **4.** Как предупредить почечные заболевания?



## Знаете ли вы, что...

*«Иску́сственная по́чка»* — аппарат для временного замещения выделительной функции почек. Его используют для освобождения крови от продуктов обмена, восстановления водно-солевого и кислотно-щелочного баланса при острой и хронической почечной недостаточности.

Основной задачей аппарата «искусственная почка» является очищение крови от различных токсичных веществ, в том числе продуктов метаболизма. При этом объём крови в пределе организма остаётся постоянным. В настоящее время также ведутся работы по созданию искусственной почки биоинженерными методами.

Длина одного почечного канальца нефрона колеблется от 18 до 50 мкм.

При питании мясной пищей моча более кислая, при употреблении растительной пищи её реакция сдвигается в щелочную сторону.

На мочевыделение человек тратит в течение жизни в среднем 40 суток (960 ч).

Человек ежедневно совершает мочеиспускание 4–5 раз, а на каждое из них уходит в среднем 30 секунд.

За год человек выделяет около 540 л мочи, а за всю жизнь мужчины — около 39 тыс. л, женщины — около 43 тыс. л.



### Из истории науки

В 1666 г. М. Мальпиги первым в истории науки исследовал почку с помощью микроскопа.

В 1782 г. А. М. Шумлянский защитил докторскую диссертацию «О строении почек».

В 1835 г. К. Буров опубликовал работу о почечном кровообращении.

В 1846 г. К. Людвиг создал фильтрационную теорию мочеобразования.

В 1950-х гг. были проведены удачные операции по трансплантации человеку донорской почки.



## Выводы по главе «Выделение»

Процесс выделения осуществляют лёгкие, кожа, почки и кишечник. Органами мочевыделения являются почки. Функциональной единицей почки является нефрон. Он состоит из капсулы с капиллярным клубочком и извитого канальца.

Почки действуют как биологический фильтр, через который проходит артериальная кровь, содержащая продукты обмена веществ и питательные вещества.

В канальце нефрона происходит их разделение: нужные вещества всасываются обратно в кровь, вредные и лишние оказываются в почечной лоханке и выводятся из организма с мочой.

### Темы докладов, рефератов, презентаций, проектов

1. Удаление конечных продуктов обмена веществ у человека.
2. Строение выделительной системы у животных.
3. Устройство искусственной почки.
4. Микроскопическое строение почек (говяжьих, свиных).
5. Изучение на модели процесса фильтрации и реадсорбции веществ.
6. Количество, состав и свойства мочи (определение общего азота в моче по методу Кьельдаля).

# Глава 11
# ОРГАНЫ ЧУВСТВ И СЕНСОРНЫЕ СИСТЕМЫ

## § 46. От органов чувств — к сенсорным системам

С давних времён у человека известно пять чувств: зрение, слух, осязание, обоняние и вкус и, соответственно, пять органов чувств, при воздействии на которые возникают ощущения — отражённые свойства окружающей реальности, позволяющие познавать мир.

### Что такое анализаторы? Какие различия между ними и органами чувств?

Организм не может существовать без информации о состоянии и изменениях внешней и внутренней среды. Все воздействия извне и изнутри воспринимают рецепторы — нервные или другие специализированные клетки. Они преобразуют энергию воздействия в электрическую, а характер раздражителя кодируют в виде нервных импульсов.

Свободных рецепторов мало. Чувствительные клетки, как правило, совместно со специализированными вспомогательными образованиями, не обладающими чувствительностью, а обеспечивающими передачу и лучшее восприятие воздействия, составляют *о́рган чувств*. Например, органами чувств являются орган зрения глаза, орган слуха уши и т. д.

Сигналы от рецепторов передаются в разные отделы центральной нервной системы, и на их основе возникают ощущения — осознанные психические состояния. Совокупность анатомических образований, обеспечивающих разложение и анализ раздражителей и отражающих их характер в виде ощущений, И. П. Павлов назвал *анализа́тором* (от греч. *анализис* — разложение).

В анализаторе учёный выделил периферический отдел, состоящий из рецепторов, или органов чувств; проводниковый отдел, включающий нервные пути и центры ствола мозга; центральный, или корковый, отдел. В корковом отделе выделяют центральное ядро, осуществляющее тонкое различение, — это чувствительные зоны и периферию — ассоциативные зоны.

Ассоциативные зоны играют важную роль в осуществлении сложных форм поведения. Они объединяют сигналы, поступаю-

щие от различных рецепторов. «...Большие полушария, по-нашему, состоят из собрания анализаторов», — отмечал И. П. Павлов.

Анализаторы позволяют организму воспринимать внешние сигналы, на которые он реагирует новыми действиями, либо изменять ход процессов, протекающих в данный момент.

## Что представляют собой сенсорные системы?

Понятие и термин «*се́нсорные систе́мы*» возникли в связи с дальнейшим изучением анализаторов и развитием смежных отраслей науки: кибернетики, теории управления (рис. 46.1).

*Се́нсорный* (от лат. *сенсус* — восприятие, чувство, ощущение) — относящийся к ощущениям. Физиологию органов чувств называют сенсорной физиологией, или физиологией сенсорных систем.

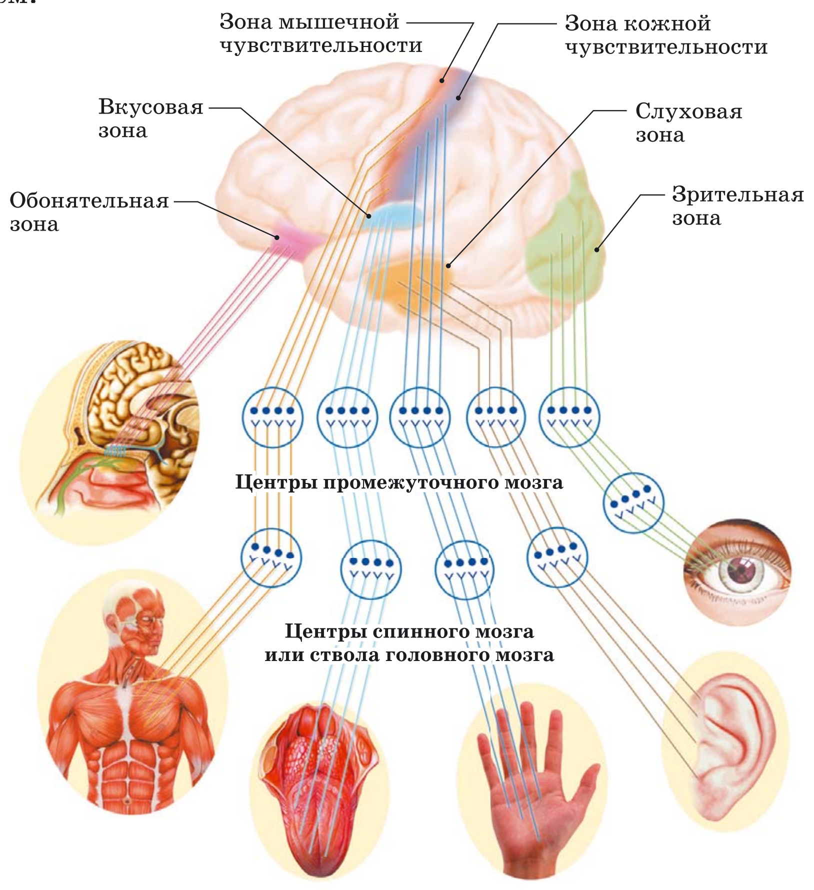



**Рис. 46.1.** Сенсорные системы

Организму необходимо оценивать не сами воздействия, а их биологический смысл. Наше восприятие избирательно — мы рассматриваем объекты и бегло, и сосредоточенно, на одни раздражители реагируем обострённо, на другие — безразлично.

При ориентировочных реакциях повышается чувствительность всех органов чувств. Характер этих реакций зависит от сигналов из центральных отделов.

Определение биологического значения внешних стимулов на основе анализа их физических параметров является функцией сенсорных систем.

## Какое значение имеют анализаторы?

Различные раздражители поддерживают возбудимость и активность нервной системы. При их недостаточности невозможно концентрированное внимание, логическое мышление.

Внешние и внутренние стимулы обусловливают ощущения, на основе которых формируются представления, отражающие взаимосвязи и взаимозависимости предметов окружающего мира.

Таким образом, происходит чувственное познание пространства, объективной действительности.

Информация от рецепторов лежит в основе саморегуляции, в результате которой обеспечиваются гомеостаз и адекватные реакции организма в среде обитания.

Рецепторы органов чувств, передающие информацию в центральную нервную систему об изменениях во внешней среде, называют *экстерореце́пторами* (от лат. *экстер* — наружный, *рецептор* — проникающий).

Одни экстерорецепторы возбуждаются при непосредственном соприкосновении с раздражителем и воспринимают тепло, холод (терморецепторы), боль, прикосновение и давление (тактильное чувство), вкус. Такие рецепторы называют *конта́ктными*. Другие экстерорецепторы — *диста́нтные*, реагируют на свет, звук, запах, поступающие от источников, находящихся на расстоянии.

Внутренние органы содержат *интерореце́пторы* (от лат. *интер* — внутренний). В стенках сосудов имеются рецепторы, реагирующие на изменения химического и газового состава крови, — хеморецепторы; давления крови и растяжение сосудов — барорецепторы, механорецепторы. В скелетных мышцах имеются рецепторы, обеспечивающие ощущение восприятия степени сокращения и расслабления органов.

## Рецепторы и органы чувств — высокоспециализированные образования. Какими свойствами обладают рецепторы?

Отдельные рецепторы воспринимают раздражения, действующие в определённом участке тела, и передают сигналы в определённую точку коры больших полушарий головного мозга, т. е. рецепторы имеют свои *рецепти́вные поля́*, позволяющие человеку различать стимулы в пространстве, определять зону воздействия.

Например, как пазлы в коре мозга складываются зрительные, слуховые, обонятельные и другие образы. Чем меньше рецептивное поле, тем больше различительная способность рецептора. Так, у тактильных рецепторов рецептивное поле на коже занимает 1–2 $мм^2$, у болевых — 9 $мм^2$.

Рецепторы отличаются высокой чувствительностью к раздражителям. Рецепторы глаза возбуждаются единичными квантами света. Чувствительность рецепторов избирательная. Глаз безразличен к действию звука, а ухо — к действию света. Избирательность позволяет сенсорным системам различать все воздействия по их характеру и природе.

Чувствительность рецепторов может изменяться по командам из коры больших полушарий.

Информация о силе воздействия передаётся от рецепторов импульсами различной частоты. Минимальную величину раздражения называют *поро́гом различе́ния*. Так, для различения массы двух грузов необходимо, чтобы их разница составляла не менее 3%: для 100 г массы это будет 97 и 103 г, а для 1 кг — 970 г и 1030 г.



Проверьте это на рычажных весах с разновесами, которые можно взять в кабинете физики.

Все рецепторы способны к *адапта́ции*. Субъективно это выражается в привыкании к действию запаха, шума, давления одежды. Так, человек, погрузившись в ванну, ощущает горячую воду, но через минуту ему хочется сделать её ещё теплее. Несмотря на длящееся раздражение, в рецепторе снижается частота импульсов и, следовательно, сила ощущений.

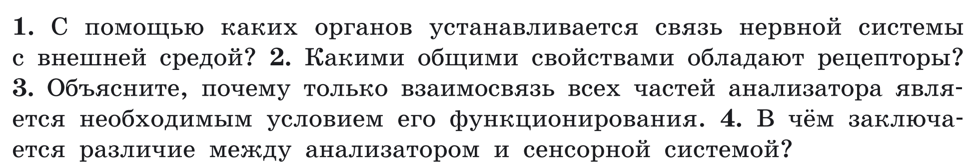
Рецепторы различаются по скорости адаптации. Нервная система использует это качество для анализа раздражителей: быстрая адаптация дистантных рецепторов позволяет переключать работу с одной деятельности на другую. При медленном изменении стимула нет смысла передавать одно и то же.

На уровне рецепторов происходит различение раздражителей по характеру, интенсивности, месту воздействия. После обработки в проводниковом, подкорковом отделах эта информация поступает на нейроны чувствительных зон коры больших полушарий, где формируются образы объектов. В результате взаимодействия различных сенсорных систем в ассоциативных зонах коры мозга складывается целостная картина.

Орган чувств. Анализатор. Сенсорная система. Экстерорецепторы: контактные, дистантные. Интерорецепторы. Рецептивное поле. Порог различения. Адаптация.



### Вопросы и задания



**1.** С помощью каких органов устанавливается связь нервной системы с внешней средой? **2.** Какими общими свойствами обладают рецепторы? **3.** Объясните, почему только взаимосвязь всех частей анализатора является необходимым условием его функционирования. **4.** В чём заключается различие между анализатором и сенсорной системой?

**Лабораторная работа** «Изучение изменения размера зрачка».

## § 47. Зрение и глаз



*Глаз* — это созданный природой сканер, оцифровывающий изображение. Уникальность зрения позволяет опознавать предмет, определять положение в пространстве и прослеживать его перемещения, оценивать обстановку.

### Каково значение зрения для человека?

Посредством зрения человек воспринимает 90% всей информации. Анатомически глаз непосредственно связан с головным мозгом, так как светочувствительная оболочка глаза развивается из мозговой ткани. Глаз (рис. 47.1) состоит из вспомогательного аппарата и глазного яблока.

### Как устроен вспомогательный аппарат глаза?

*Вспомога́тельный аппара́т гла́за* состоит из защитных образований, слёзных желёз и мышц. Защитные образования — брови, веки и ресницы. Брови предохраняют глаза от пота, а веки и ресницы защищают глаза от пыли, света.

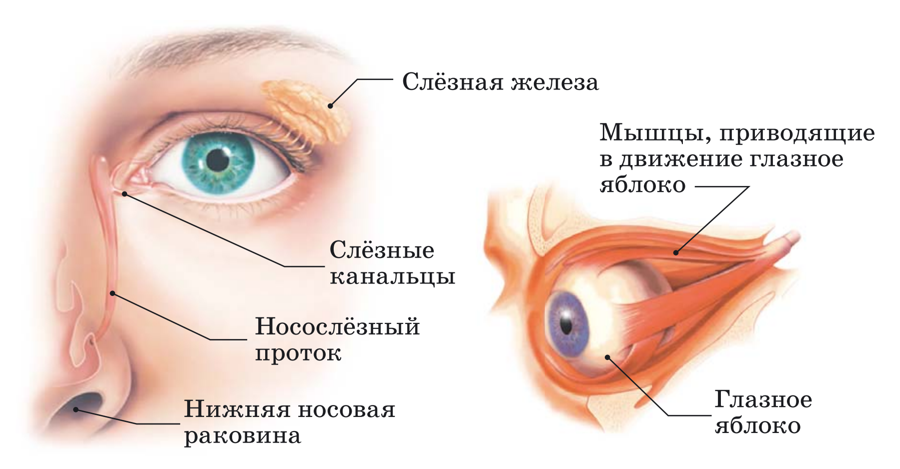



**Рис. 47.1.** Глаз

В верхней наружной части каждого глаза помещается слёзная железа, выделяющая слезу. Слеза обладает бактерицидным свойством, омывает глазное яблоко, увлажняет роговицу. Слеза по каналам стекает в полость носа.

Двигательный аппарат состоит из трёх пар мышц, которые обеспечивают произвольные содружественные движения глаз.

## Что представляет собой глазное яблоко?

*Глазно́е я́блоко* (рис. 47.2) имеет неправильную шаровидную форму и расположено в глазнице черепа. Оно состоит из трёх концентрических оболочек и внутреннего ядра.

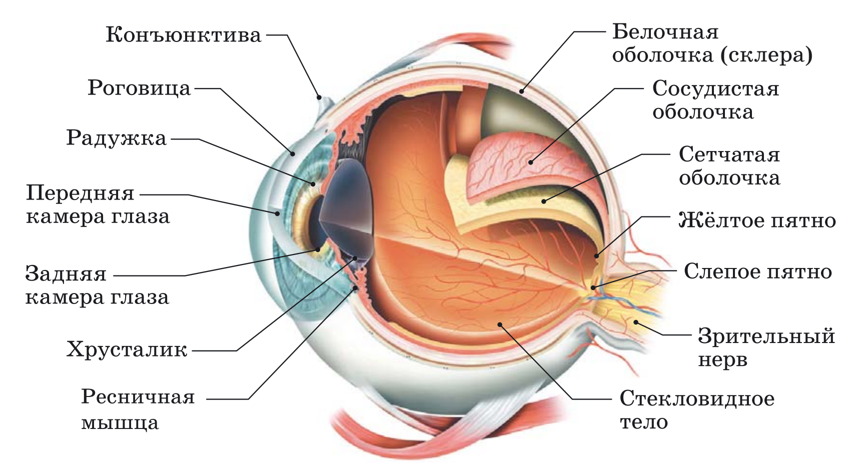



**Рис. 47.2.** Строение глазного яблока

Наружная *бело́чная оболо́чка*, или *скле́ра*, защищает внутреннее ядро и сохраняет форму глаза.

Передняя часть склеры образована прозрачной *рогови́цей*, через которую поступает свет.

Средняя — *сосу́дистая оболо́чка* богата кровеносными сосудами. Её передняя часть — *ра́дужная оболо́чка*, или *ра́дужка*. Это тонкая подвижная диафрагма глаза с отверстием — *зрачко́м* — в центре.

За счёт сокращения мышц радужки зрачок сужается или расширяется, регулируя освещение сетчатки и видение вблизи и вдали. Цвет радужки, а значит, и глаз определяется составом и количеством находящихся в ней пигментов.

## Почему внутренняя оболочка так важна в органе зрения?

Внутреннюю оболочку называют *сетча́ткой* (рис. 47.3). Сетчатка, толщиной около 0,2 мм, имеет многослойное строение и формируется как выпячивание промежуточного мозга.

К сосудистой оболочке прилегают *фотореце́пторные кле́тки* — *па́лочки* и *ко́лбочки*. Они содержат светочувствительные пигменты, для синтеза которых необходим витамин А.

В сетчатке содержится около 7 млн колбочек и 130 млн палочек. Чувствительные к свету палочки — аппарат сумеречного зрения. Колбочки, чувствительность к свету которых значительно меньше, — аппарат цветового, дневного зрения.

На дне глаза, напротив зрачка, находится *жёлтое пятно́*, в углублении которого сосредоточены только колбочки. Это место наилучшего видения. К периферии сетчатки число колбочек

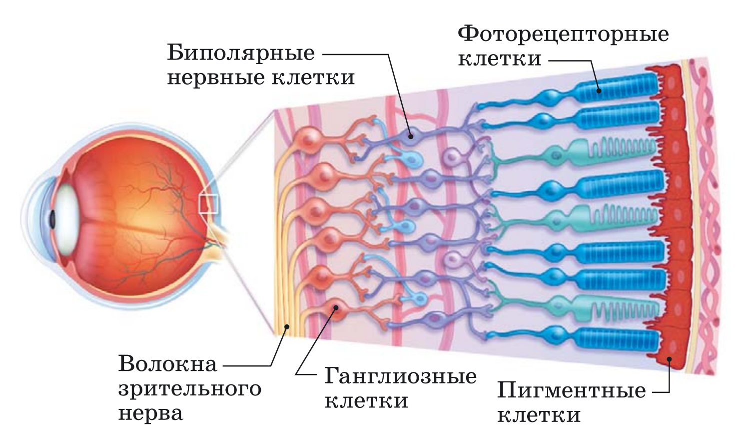



**Рис. 47.3.** Сетчатка глаза

уменьшается, а палочек — возрастает. По краям сетчатки расположены только палочки. От фоторецепторов возбуждение передаётся нейронам, расположенным в разных слоях сетчатки и образующим густую сеть, которой сетчатка обязана своим названием. Плотность нейронов в сетчатке такая же, как в ядрах головного мозга. Длинные аксоны нейронов сетчатки образуют *зри́тельный нерв*.

Вблизи жёлтого пятна находится *слепо́е пятно́*, где нет фоторецепторов, воспринимающих свет. Это место выхода зрительного нерва, по которому информация передаётся в мозг.

## Каким целям служит внутреннее ядро глазного яблока?

Оно является частью светопреломляющего аппарата и представлено хрусталиком, стекловидным телом и жидкостями камер глаза. Между роговицей и радужкой находится передняя камера, а между радужкой и хрусталиком — задняя.

Позади радужки находится прозрачное, эластичное двояковыпуклое тело — *хруста́лик* (от лат. *линс* — линза). Он преломляет световые лучи и фокусирует изображение предмета на сетчатке. Это явление называют *рефра́кцией* (от лат. *рефрактио* — преломление). При сокращении ресничной мышцы хрусталик делается выпуклым, а при расслаблении — плоским. Это необходимо для «дальнего» и «ближнего» видения. Одновременно хорошо видеть и близкорасположенные, и отдалённые предметы невозможно. Способность видеть вблизи и вдали обусловлена изменением не только просвета зрачка, но главным образом формы хрусталика. Эти изменения называют *аккомода́цией* (от лат. *аккомодатио* — приспособление). За хрусталиком находится *стеклови́дное те́ло* — прозрачная желеобразная масса.

## Как организована светопроводящая, оптическая, система глаза?

Фоторецепторы сетчатки представляют световоспринимающий аппарат. Адекватным раздражителем для глаза является видимый свет. Ультрафиолетовые и инфракрасные лучи не воспринимаются.



Роговица, передняя и задняя камеры, зрачок, хрусталик, стекловидное тело составляют *опти́ческую систе́му гла́за*. Эта система преломляет свет, и на сетчатке получается действительное перевёрнутое и уменьшенное изображение (рис. 47.4).

При ярком свете или взгляде вдаль зрачок сужается, а при слабой освещённости или рассматривании предметов вблизи —

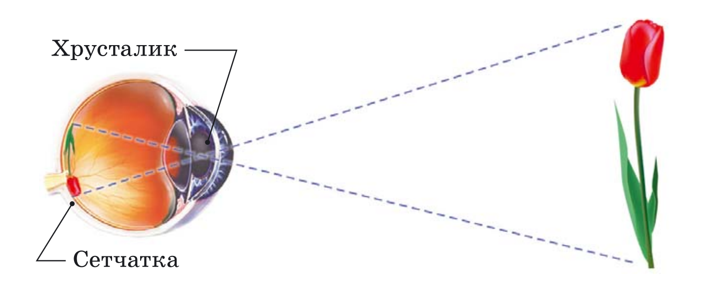



**Рис. 47.4.** Построение изображения на сетчатке

расширяется. Зрачок расширяется также при эмоциях и ориентировочных рефлексах.

Хотя изображение на сетчатке перевёрнуто, предметы воспринимаются правильно, так как деятельность одних сенсорных систем корректируется другими. Если надеть линзы, переворачивающие всё «вверх ногами», в первое время предметы видятся именно так, но уже через некоторое время они воспринимаются правильно. Следовательно, восприятие окружающего мира основывается не только на зрительных ощущениях, но и на других. Важную роль играют системы мышечного и кожного чувства, органы слуха и равновесия. В результате взаимодействия сенсорных систем возникает ощущение целостной картины.



Глаз. Вспомогательный аппарат глаза. Глазное яблоко. Склера. Роговица. Сосудистая оболочка. Радужка. Зрачок. Сетчатка. Фоторецепторные клетки: палочки, колбочки. Жёлтое пятно. Зрительный нерв. Слепое пятно. Хрусталик. Рефракция. Аккомодация. Стекловидное тело. Оптическая система глаза.

## Вопросы и задания



**1.** Назовите части зрительной сенсорной системы. **2.** Каковы функции бровей, ресниц, век, слёзных желёз? **3.** Где расположены и чем различаются колбочки и палочки? Какие у них свойства? **4.** Как работает хрусталик? **5.** Какое значение имеет аккомодация? **6.** Что представляет собой оптическая система глаза? **7.** Какое изображение и как получается на сетчатке? Постройте изображение на сетчатке. **8.** Используя параграф, составьте схему зрительного анализатора. Какие его части являются периферическими, проводниковыми и корковыми отделами?



**Лабораторная работа** «Исследование строения глаза».

# § 48. Зрительное восприятие. Гигиена зрения

Окружающее пространство многомерно, и, возможно, фасеточные глаза некоторых членистоногих имели бы приоритет, если бы не глаз человека. Созданный природой, он был бы бесполезен без устройства обработки и программ распознавания — мозга, хранящего врождённый и приобретённый опыт.

## Почему органы чувств, в том числе и глаза, парные?

У человека *бинокуля́рное*, или *стереоскопи́ческое зре́ние*, он видит двумя глазами, что обеспечивает широкое поле зрения и позволяет оценивать глубину пространства. Это происходит вследствие того, что световые лучи попадают на идентичные участки сетчаток обоих глаз. Для улучшения восприятия широко используются искусственные стереосистемы и панорамные проекторы.

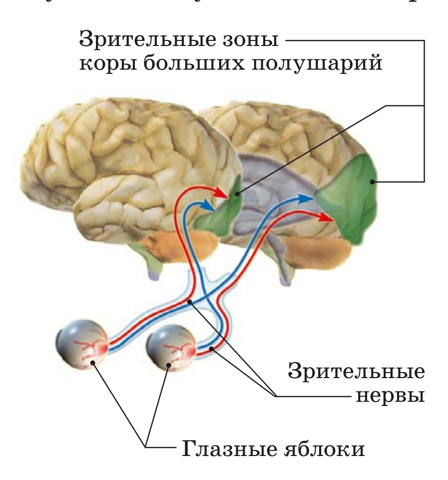



**Рис. 48.1.** Зрительная система

Зрительная сенсорная система состоит из двух симметричных отделов (рис. 48.1). От каждого глаза отходят зрительные нервы. Часть их волокон перекрещивается таким образом, что сигналы от левых половин сетчаток обоих глаз поступают в левую часть мозга, а от правых — в правую. После переключения на следующий нейрон в промежуточном мозге информация поступает в высшие зрительные центры в затылочных областях коры больших полушарий. Человек может воспринимать величину, форму, объём предмета, оценивать расстояние. Это и есть стереоскопическое зрение.

Механизм стереоскопического зрения основан на неодинаковом восприятии предмета левым и правым глазами. Левый глаз видит больше левую сторону, правый — правую. Если сделать снимок предмета левым и правым глазами, а потом совместить изображения с помощью линз, как это делается в стереоскопе, получится рельефное изображение.

## Как зрительная система различает цвета?

Сравните одно и то же чёрно-белое и цветное изображение в смартфоне. Убедитесь, что цветовое зрение улучшает видимость,

даёт дополнительную информацию о предметах, создаёт эмоциональность, красочность восприятия, доставляет эстетическое удовольствие палитры. В сумерках, когда функционируют только палочки, глаза не различают цвета.

Восприятие цвета обеспечивается колбочками. Существует три типа колбочек, избирательно чувствительных к красному, зелёному и синему. Комбинация основных цветов даёт всю гамму оттенков (так же воспроизводится и цветовое изображение в гаджете). В восприятии цветов участвуют не только фоторецепторы, но и структуры человеческого мозга.

## Почему глаза всё время в движении?

При рассматривании какого-либо предмета глаза совершают движения по сложной траектории. При фиксированном взоре объекты пропадают из поля зрения. Глаз движется скачками по контуру и отдельным участкам рассматриваемого предмета.

В результате изображение перемещается по сетчатке, что позволяет видеть все его элементы. Для узнавания известных предметов достаточно беглого взгляда — они распознаются по отдельным признакам.

## Каковы наиболее частые нарушения зрения?

Чаще всего встречаются близорукость, дальнозоркость, дальтонизм, катаракта. Одна из важных характеристик — острота зрения — возможность различать отдельные детали. Она зависит от освещённости, контрастности, фона изображения и других условий. При близорукости и дальнозоркости происходит снижение *остроты́ зре́ния* (рис. 48.2).

Причины *близору́кости* разнообразны, например школьная близорукость обусловлена напряжённой зрительной работой на близком расстоянии. Длительное рассматривание близкорасположенных предметов вызывает напряжение ресничных мышц, которые давят на глазное яблоко и делают его вытянутым. При прогрессирующей близорукости глазное яблоко становится удлинённым, и изображения предметов, находящихся вдали, возникают не на сетчатке, а перед ней, и очертания их кажутся расплывчатыми. Близорукость развивается при плохом освещении,

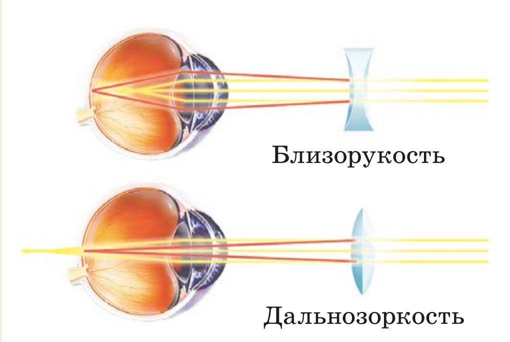



**Рис. 48.2.** Нарушение остроты зрения и его коррекция

чтении лёжа и других факторах, усиливающих напряжение глазных мышц. При *дальнозо́ркости* глазное яблоко укорочено, и фокус изображения близкорасположенных предметов находится за сетчаткой. Дальнозоркость появляется с возрастом из-за потери эластичности хрусталика.

Близоруким и дальнозорким необходима коррекция зрения с помощью линз. Для близоруких подбирают очки с двояковогнутыми линзами, уменьшающими преломление, а дальнозорким для увеличения силы преломления помогают двояковыпуклые линзы.

### Что такое цветовая слепота, или дальтонизм?

Первый дефект цветового зрения, или *дальтони́зм*, которым страдал сам, описал английский естествоиспытатель XIX в. Дж. Дальтон. Он не мог различать красный и зелёный цвета. Цветовая слепота возникает из-за отсутствия зрительных пигментов в колбочках какого-либо типа. Нарушением цветового зрения страдают преимущественно мужчины. Различают формы, при которых отсутствует восприятие отдельно красного, зелёного или синего цвета. Очень редко встречается полная цветовая слепота. Такие люди видят всё как на чёрно-белой фотографии. Они не могут управлять транспортными средствами и имеют профессиональные ограничения.

### Почему катаракта ухудшает зрение?

*Катара́кта* (от греч. *катарактес* — водопад) — помутнение хрусталика глаза в результате старческого нарушения питания тканей, диабета, повреждения глаза. Объекты видятся как через мутное стекло.

### Как предупредить нарушения рефракции и другие глазные болезни?

При плохом освещении и неправильной посадке вырабатывается привычка рассматривать предметы и читать на расстоянии ближе 30 см. Это приводит к напряжению мышечного аппарата глаза, изменению кривизны хрусталика, утомлению и ухудшению зрительного восприятия.

Вредно читать в движущемся транспорте. Из-за периодических толчков текст смещается. Удержание ускользающего текста в фокусе требует непрерывной деятельности мышц глаза. При чтении лёжа нарушается привычная ориентация глаз и смещаются зрительные оси. Даже при соблюдении гигиенических требований следует через каждые 30–40 мин занятий устраивать отдых.

Ушибы, ранения, термические и химические ожоги могут привести к помутнению роговицы — образованию бельма и потере зрения. Попавшие в глаз пылинки извлекают стерильной салфеткой. Не надо увлажнять её слюной: можно внести в глаз инфекцию, вызывающую воспаление слизистой оболочки — *конъюнктиви́т*.

При попадании в глаз щелочей, кислот, ядовитых веществ необходимо промыть его чистой проточной водой в течение 15–20 мин, а затем обратиться за медицинской помощью.



Бинокулярное (стереоскопическое) зрение. Острота зрения. Близорукость. Дальнозоркость. Дальтонизм. Катаракта. Конъюнктивит.



## Вопросы и задания

**1.** Назовите преимущества бинокулярного зрения. **2.** Для чего необходимо движение глаз? **3.** Как происходит восприятие цвета? **4.** Какие нарушения цветового зрения вы знаете? В чём их причина? **5.** Как исправляют близорукость и дальнозоркость?



**Практическая работа** «Исследование остроты зрения у человека».

# § 49. Ухо и слух. Орган равновесия



Всё во Вселенной колеблется, а колебания давления воздуха ощущаются нами как звук.

## Для чего человеку слух?

Направление, громкость, высоту, тембр воспринимает слуховая система. У человека она обеспечивает речь, общение. Слух, как и зрение, важен для развития чувства прекрасного.

## Как устроен орган слуха?

Орган слуха (рис. 49.1) состоит из наружного, среднего и внутреннего уха. *Нару́жное у́хо* — это ушная раковина и наружный слуховой проход. Ушная раковина образована эластическим хрящом сложной формы и покрыта кожей. Сложная форма объясняется тем,

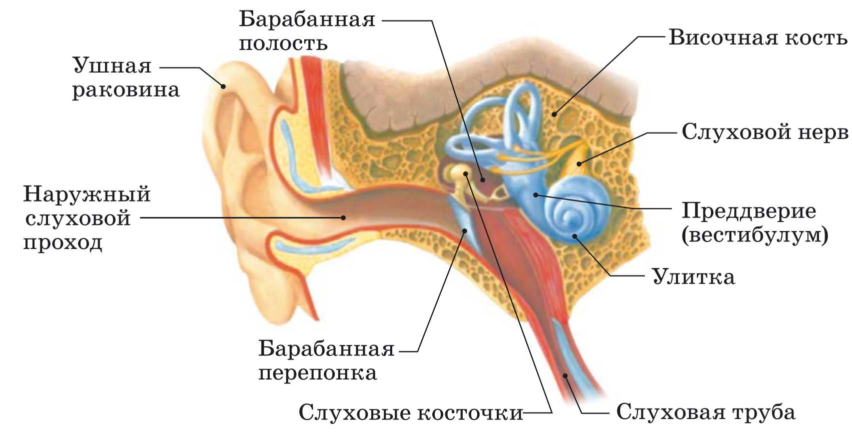
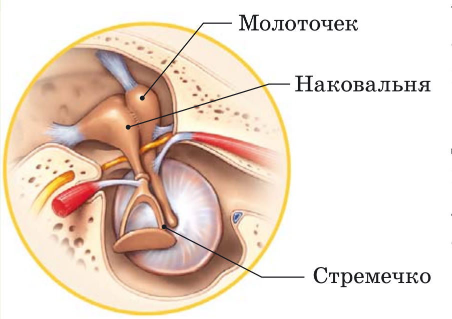



**Рис. 49.1.** Строение уха




что она является звуковым фильтром, обеспечивающим восприятие звуков в полосе частот 40–7000 Гц.

*Нару́жный слухово́й прохо́д* уходит вглубь височной кости и на всём протяжении покрыт кожей, имеет волоски и железы, выделяющие ушную серу с бактерицидными свойствами.

Заканчивается он слепо *бараба́нной перепо́нкой*, разделяющей наружное и среднее ухо. Она представляет собой тонкую пластинку, воспринимающую звуковые колебания, и защищает среднее ухо от частиц пыли, воды, микроорганизмов.

*Сре́днее у́хо* находится внутри височной кости и состоит из барабанной полости, слуховых косточек и слуховой, или евстахиевой, трубы. Барабанная полость ограничена *бараба́нной перепо́нкой* и внутренним ухом. В полости располагаются подвижные *слуховы́е ко́сточки*: *молото́чек*, *накова́льня* и *стре́мечко*, сочленённые друг с другом суставами. Эта рычажная система усиливает колебания барабанной перепонки, возникающие под воздействием звуковых волн, и передаёт их к внутреннему уху.

Барабанная полость соединена *слухово́й трубо́й* с носоглоткой. Поступающий через неё воздух уравновешивает давление с обеих сторон барабанной перепонки. При подъёме на высоту или снижении резко изменяется давление воздуха на барабанную перепонку — «закладывает уши». Глотательные движения устраняют эти неприятные ощущения.

## Как устроено внутреннее ухо?

В полости височной кости находится костный лабиринт (рис. 49.2), внутри которого, как пальцы в перчатке, расположен перепончатый лабиринт. Между ними находится жидкость.

В лабиринте различают орган слуха — *ули́тку* и орган равновесия — *вестибуля́рный* (от лат. *вестибулум* — преддверие) *аппара́т*, состоящий из преддверия и полукружных каналов.

Улитка представляет собой спиральный костный канал, свёрнутый наподобие раковины моллюска. В него как бы вставлен перепончатый лабиринт, в котором находится звуковоспринимающий аппарат уха — *спира́льный*, или *ко́ртиев, о́рган*. Кортиев орган состоит из рецепторных волосковых клеток. Над волосковыми клетками нависает покровная мембрана.

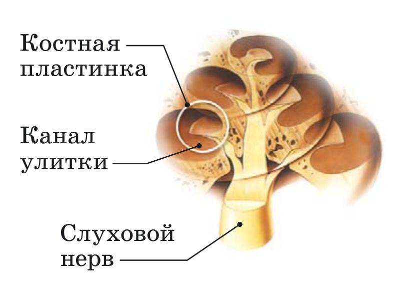



**Рис. 49.2.** Улитка

## Как воспринимается звук?

Звуковые колебания улавливаются ушной раковиной и по наружному слуховому проходу направляются к барабанной перепонке, вызывая её вибрацию. Частота вибрации соответствует высоте звука. Через систему косточек среднего уха колебания барабанной перепонки передаются улитке, при этом слуховые косточки действуют как рычаги, усиливают их почти в 20 раз. Изменения давления жидкости в полости костного канала улитки передаются спиральному органу. Находящиеся в нём волосковые клетки ударяются своими выростами о покровную мембрану и вследствие механического раздражения возбуждаются.

Импульсы от них по нервным волокнам поступают в мост, средний и промежуточный мозг и далее — в височную долю коры больших полушарий (рис. 49.3). В височной коре возникают слуховые ощущения и распознаются звуковые сигналы. Смысл услышанного анализируется в ассоциативных зонах коры.

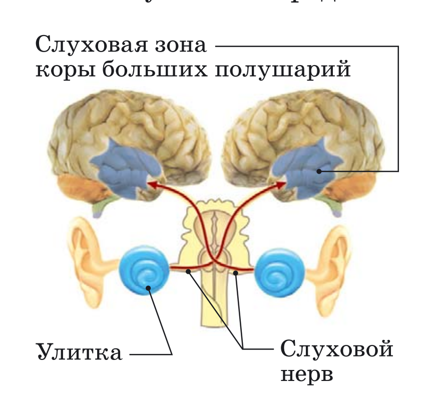



**Рис. 49.3.** Слуховой анализатор

### Как определяется положение источника звука?

Определение местонахождения объекта посредством анализа испускаемого им или отражённого от него звука называют *звуколокáцией* (от лат. *локацио* — положение).

Каждое полушарие получает информацию от обоих ушей. Если источник звука находится справа, сигналы от правого уха приходят в мозг раньше, чем от левого. Небольшая разница во времени позволяет определять направление и воспринимать звук от отдельных источников. Такое звуковосприятие называют объёмным, или пространственным (стереофоническим), а слух — *бинаурáльным* (от лат. *бини* — пара, два, *аурис* — ухо).

### Что нужно делать, чтобы всё время хорошо слышать?

Ушная сера в наружном слуховом проходе задерживает пыль и микробы. Её скопление и грязь могут вызвать ухудшение слуха, раздражение и зуд. Извлекать серу острыми предметами не следует, так как можно повредить барабанную перепонку.

Попадание инфекции в среднее ухо обычно происходит через слуховую трубу при воспалительных процессах в носоглотке. Инфекционное поражение слуховых рецепторов и слухового нерва вызывает глухоту. Пребывание в среде, загрязнённой звуковыми шумами, может вызвать раздражительность, ухудшение сна, головные боли, повышение артериального давления, тугоухость.

### Какие функции осуществляет вестибулярный аппарат?

Положение головы и тела контролирует орган равновесия и гравитации — вестибулярный аппарат.

Вестибулярный аппарат (рис. 49.4) состоит из трёх полукружных каналов, имеющих на конце расширения в виде ампул, и преддверия — в виде мешочков. Каналы располагаются в трёх взаимно перпендикулярных плоскостях: это позволяет определять положение и перемещение тела в пространстве.

В ампулах каналов и в мешочках находятся волосковые клетки, покрытые студенистой массой. В мешочках к ней примешаны *отолúты* (от греч. *ото* — ухо, *литос* — камень) — кристаллы карбоната кальция ($CaCO_3$). При любом движении головы или туловища масса смещается, надавливает на волоски и возбуждает волосковые клетки. Информация об изменении положения тела поступает в ядра ствола мозга, мозжечок, в кору и вызывает вестибулярные рефлексы положения, движения глаз, выпрямительные рефлексы. При наклоне головы вперёд повышается тонус мышц-сгибателей тела, при запрокидывании назад — мышц-раз-

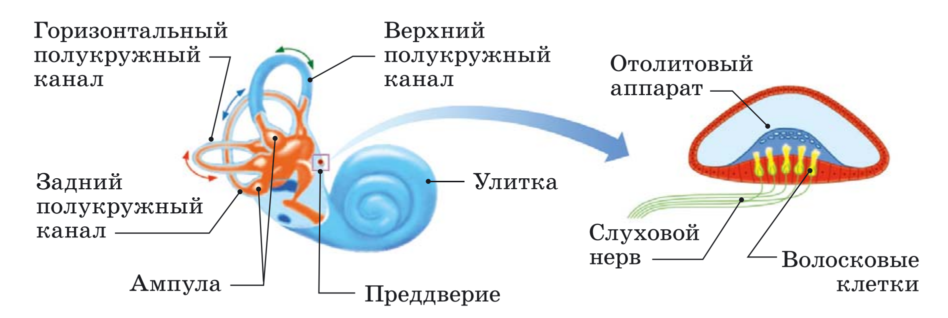



**Рис. 49.4.** Вестибулярный аппарат

гибателей: происходит выпрямление тела. При наклоне головы в сторону напрягаются разгибатели на стороне наклона и расслабляются сгибатели на противоположной стороне.



Проверьте работу вестибулярного аппарата на себе.

Повышенная возбудимость вестибулярного аппарата наблюдается при морской качке, полёте в самолёте, езде в поезде и автомобиле и является причиной «морской болезни» (укачивания).



Наружное ухо. Среднее ухо. Слуховые косточки: молоточек, наковальня, стремечко. Барабанная перепонка. Слуховая труба. Внутреннее ухо: улитка. Кортиев орган. Звуколокация. Бинауральный слух. Вестибулярный аппарат. Отолиты.



## Вопросы и задания

**1.** В какой части слуховой сенсорной системы происходит окончательное различение звуков? **2.** Как человек определяет положение источника звука в пространстве? **3.** Зачем при действии очень сильных звуков рекомендуется делать глотательные движения? **4.** Объясните связь слуха и речи. **5.** Опишите работу вестибулярного аппарата.

# § 50. Органы мышечного и кожного восприятий. Обоняние и вкус



Человек может ощущать положение своего тела, прикосновения, температуру, воспринимать химические сигналы — запахи, вкусовые качества.

## Что такое мышечное чувство и как оно возникает?

*Мы́шечное чу́вство* обеспечивает ощущение положения и движения всего тела или его частей. В толще скелетных мышц,

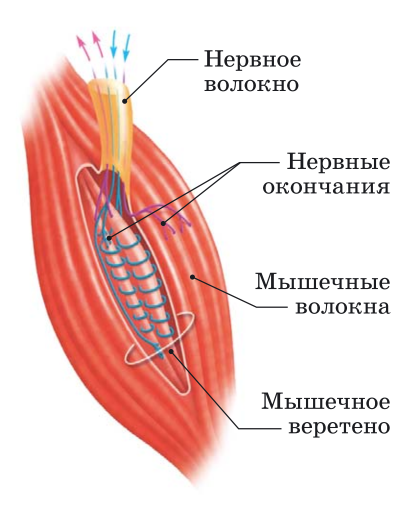



**Рис. 50.1.** Мышечное чувство

связках и сухожилиях находятся рецепторы, возбуждающиеся при сокращении, напряжении или растяжении мышц. Благодаря информации от рецепторов человек может, закрыв глаза, привести конечности в любое положение или точным движением коснуться пальцем носа, принять любую позу.

Мышечные рецепторы контролируют величину растяжения или укорочения, сокращения мышц, развиваемую силу и напряжение при рефлекторных движениях. Ощущение тела, реализация движений невозможны без их участия, например бросок мяча в баскетбольную корзину. Мышечные рецепторы представляют пучок заключённых в капсулу специализированных волокон, простирающихся параллельно мышечным волокнам от сухожилия к сухожилию (рис. 50.1). За свою форму они получили название мышечные веретёна. Импульсы от нервных окончаний веретена, возникающие в результате растяжения мышц, вызывают рефлексы, например коленный.

Высший отдел мышечного чувства находится в теменных долях коры больших полушарий. Управление произвольными движениями осуществляется нейронами лобных долей мозга.

## Как проявляется кожное чувство?

Значительную часть информации об окружающем мире человек воспринимает с помощью *ко́жного чу́вства*.

Кожные рецепторы представлены свободными или заключёнными в капсулу нервными окончаниями. Одни из них реагируют на прикосновение и давление, другие — на температуру, третьи — на раздражение и боль (рис. 50.2).

Боль — сигнал тревоги, призыв к мобилизации. Положение болевых точек на коже человек способен определить с большой точностью. Он не может приспособиться к боли из-за очень медленной адаптации, что имеет защитное значение.

Изменения температуры воспринимают холодовые и тепловые рецепторы. Холодовых рецепторов больше всего на лице и губах, и они расположены ближе к поверхности кожи, чем тепловые. Это свидетельствует о ведущей их роли в регуляции температуры тела.

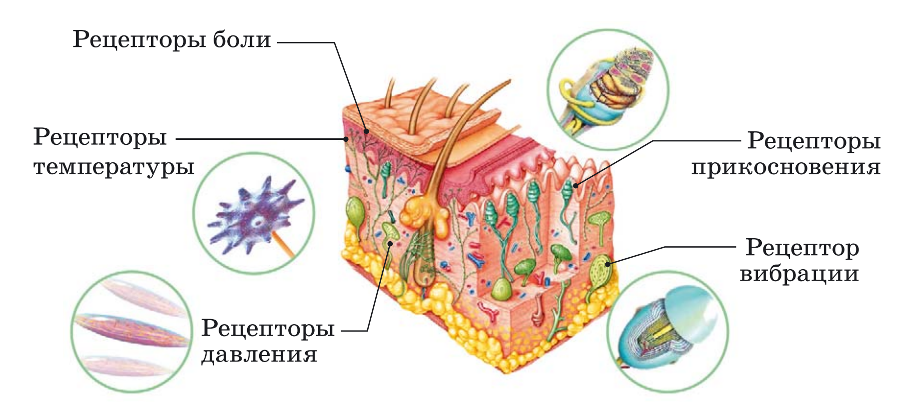



**Рис. 50.2.** Рецепторы кожи

*Осяза́ние* — ощущение прикосновения и давления. Больше всего осязательных рецепторов на подушечках пальцев, губах и языке. У корней волос находятся нервные окончания, возбуждающиеся при изгибе волоса.

Трудовая деятельность привела к концентрации кожных рецепторов на кончиках пальцев рук. Проекции от них имеют большое представительство в коре больших полушарий. Человек, ощупывая предметы, может определять форму, размер, характер поверхности, температуру. Рецепторы ступней ног, где мало мышечных рецепторов, воспринимая давление тела, контролируют локомоцию.

Кожное чувство предотвращает повреждения тела. Стоит прикоснуться рукой к острому или горячему предмету, человек отдёргивает руку бессознательно. Осязание хорошо развито у слепых: в книгах для незрячих шрифт выдавлен на бумаге и слепой человек пальцами «считывает» выпуклый текст.

## Что такое обоняние и почему это важное чувство?

Один из видов *хеморецéпции* (от греч. *хемиа* — химия, лат. *рецептио* — приём, принятие) — *обоня́ние*, или восприятие запахов, служит животным для поиска и выбора пищи, выслеживания добычи; у человека оно притуплено.

У человека и высших животных определение запахов осуществляется посредством обонятельной системы (рис. 50.3). Она состоит из рецепторных нервных клеток слизистой оболочки

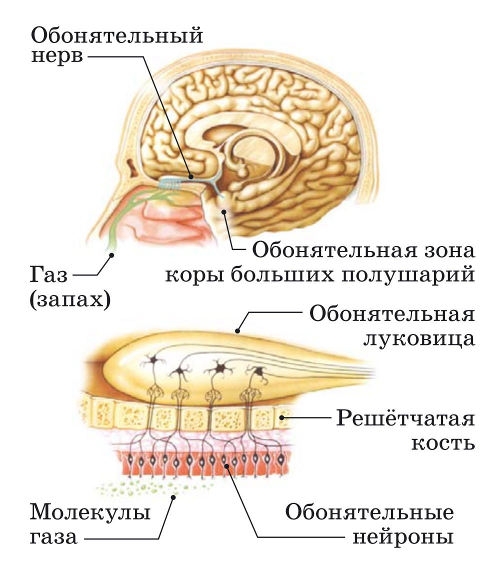



**Рис. 50.3.** Обонятельная система

носовой полости, обонятельных нервов, обонятельной луковицы и обонятельных центров мозга, расположенных в височной доле коры больших полушарий. Обонятельный эпителий включает обонятельные нервные клетки-рецепторы и покрыт слоем обонятельной слизи.

Механизм обоняния работает по комбинаторному принципу: вместо выделения рецептора под каждый запах система использует «рецепторный алфавит» — комбинацию рецепторов (как слова, ноты). Это позволяет передавать почти бесконечное число ароматов. Каждый рецептор реагирует на определённые группы атомов, которые могут встречаться в разных веществах. От рецепторных клеток возбуждение по волокнам обонятельного нерва передаётся к обонятельной луковице и далее в корковые обонятельные центры.

Особенностью обонятельной системы является передача информации от рецепторов в обонятельную кору, минуя переключающие нейроны таламуса. Это указывает на важное биологическое значение этого вида сигнализации.

Возбуждение обонятельных клеток вызывают лишь летучие вещества в воздухе или растворённые в воде и жирах. Приятные запахи применяют в *ароматерапи́и* (вид психотерапии), а неприятные и резко пахнущие вещества вызывают защитные рефлексы: задержку дыхания, чихание.

## Поговорим о вкусе, не об эстетическом, а как психофизиологическом ощущении

*Вкус*, как и обоняние, основан на восприятии химических веществ. На языке находятся разной формы бугорки — *ACCENTсосо́чки*, на которых расположены *вкусовы́е по́чки*. Они ведут в небольшую камеру, где находятся рецепторные клетки, избирательно реагирующие на сладкое, горькое, кислое и солёное (рис. 50.4).

Вкусовые рецепторы воспринимают лишь растворённые вещества. Разные участки языка по-разному чувствительны к ним.

По нервным волокнам сигналы поступают в ядра ствола мозга, таламус и далее — в нижнюю часть теменной доли во вкусовую зону коры больших полушарий. Несъедобные или ядовитые вещества с неприятным вкусом раздражают рецепторы задней части языка и вызывают рвотный рефлекс.

При обычном восприятии пищи активируются все вкусовые рецепторы, создавая сложный вкусовой образ. В этом процессе обязательно участвует обоняние: при насморке человек утрачивает вкус.

Холодная и горячая пища понижает чувствительность вкусовых и обонятельных рецепторов. Наиболее выразителен вкусовой букет при температуре 24 °С.

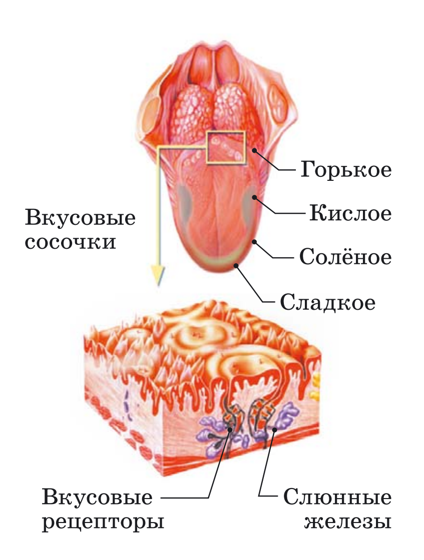



**Рис. 50.4.** Вкусовые рецепторы

## Взаимодействуют ли сенсорные системы?

Окружающий мир воспринимается как целое. Формирующиеся образы предметов и явлений — результат объединённой работы всех сенсорных систем. Это позволяет человеку ориентироваться в разнообразии его окружения. Взаимодействие ощущений происходит в коре головного мозга.

Мышечное чувство. Кожное чувство. Осязание. Хеморецепция. Обоняние. Ароматерапия. Вкус. Вкусовые почки.

## Вопросы и задания

**1.** Какую роль играют мышечные рецепторы в движении? **2.** Что такое осязание? **3.** Какое значение имеют обоняние и вкус в жизни человека? **4.** Какие условия необходимо соблюсти, чтобы репчатый лук при потреблении стал таким же сладким, как и сладкое яблоко? **5.** Если раздражать участки кожи человека, то чаще всего у него появляется ощущение прикосновения или слабого укола, реже — ощущение холода, а совсем редко — ощущение тепла. Объясните данный факт.

**Практическая работа** «Определение зон вкусовой чувствительности на языке».



## Знаете ли вы, что...

Г. Гельмгольц, известный учёный, занимавшийся вопросами зрения, был так недоволен устройством глаза человека, что в сердцах произнёс: «Если бы такой прибор мне принесли из мастерской, я бы немедленно вернул его на доработку». На что Э. Геринг, тоже специалист в области зрения, заметил: «Если бы Гельмгольц знал, какие изумительные приспособления имеет человеческий глаз для регулировки и классификации проходящих через него изображений, то, безусловно, не вернул бы этот прибор в мастерскую, а оставил бы его у себя».

Обонятельные рецепторы позволяют человеку ощутить запах веществ с ароматом фиалки даже тогда, когда на 30 млрд частей воздуха приходится всего одна часть этого вещества.

Каждая обонятельная клетка имеет 10–12 волосков, увеличивающих поверхность в 100–200 раз.

На языке, глотке и нёбе человека находится около 2 тыс. вкусовых почек.

Каждый глаз человека защищают около 320 ресниц.



## Из истории науки

В 1606–1610 гг. И. Кеплер доказал, что изображение формируется на сетчатке. Ранее чувствующей частью считали хрусталик.

В 1717 г. А. Ривинус в работе «О пороках слуха» показал детали строения барабанной перепонки.

В середине XVIII в. Д. Бернулли описал зрительный нерв и обнаружил жёлтое пятно на сетчатке.

В 1794 г. Дж. Дальтон описал цветовую слепоту.

В 1802 г. Т. Юнг высказал мысль о наличии в сетчатке трёх разных элементов, каждый из которых реагирует на свой цвет.

В 1851 г. А. Корти впервые описал строение спирального органа, улитки.



Г. Гельмгольц

**Герман Людвиг Фердинанд Гельмгольц (1821–1894)**

Выдающийся немецкий учёный, работы которого посвящены физиологии мышечного сокращения и физиологии органов чувств. Он впервые измерил скорость распространения возбуждения по нервам, выявил механизмы аккомодации, разработал учение о цветовом зрении, построил модель уха и создал резонансную теорию слуха.

В 1850 г. Г. Гельмгольц первым увидел сетчатку глаза человека при помощи созданного им глазного зеркала — офтальмоскопа.

В 1863–1877 гг. ему удалось построить модель уха.

С 1868 г. иностранный член-корреспондент Петербургской академии наук.



## Выводы по главе «Органы чувств и сенсорные системы»

Сенсорные системы (анализаторы) состоят из рецепторов, нервных путей и чувствительных зон коры больших полушарий головного мозга.

Органы чувств — это специализированные структуры, обеспечивающие преобразование информационных сигналов, поступающих от раздражителя, в форму, доступную для рецепторов, например оптическая система глаза обеспечивает чёткое изображение на сетчатке. Фотохимические процессы на сетчатке превращают световые сигналы в нервные импульсы.

Воздушные волны через системы наружного и среднего уха заставляют колебаться жидкость внутреннего уха, а та воздействует на слуховые рецепторы. Их механические колебания преобразуются в нервные импульсы.

Подобные процессы происходят и в других органах чувств. Разные по природе раздражения в конечном счёте преобразуются в нервные импульсы. По каналам связи (нервам) они поступают в чувствительные зоны коры больших полушарий головного мозга, где формируется образ.

Сообща сенсорные системы дают верную картину внешних событий. Отдельные неточности, иллюзии исправляются благодаря взаимодействию различных сенсорных систем и полученной до этого личностной практикой.

Каждая сенсорная система специфична, она не может быть заменена другой, но возможна частичная компенсация недостатка одной усиленным развитием другой.

### Темы докладов, рефератов, презентаций, проектов

1. Всегда ли можно доверять своим глазам?
2. Самый большой и самый древний сенсорный орган человека.
3. Что и как мы слышим?
4. Обоняние — источник удовольствия.

# Глава 12
# ПОВЕДЕНИЕ И ПСИХИКА

## § 51. Рефлекторная теория поведения



«Поведение — это зеркало, в котором каждый показывает свой лик», — говорил И. В. Гёте.

### Как развивались идеи о рефлекторном механизме поведения?

Первые научные факты причастности произвольных движений и ощущений к мозговой деятельности были получены римским врачом К. Галеном, который обнаружил, что после перерезки мышечного нерва наступал паралич мышцы, а орган чувств после такой операции переставал функционировать.

В эпоху Возрождения Р. Декарт рассматривал организм как машину, действующую подобно несложным механизмам — кузнечным мехам, часам. Декарту удалось показать, что многие действия человек совершает в ответ на воздействия окружающей среды — рефлекторно.

В конце XVIII в. стали проводить эксперименты на мозге животных. И. Прохаска подтвердил догадку Декарта о том, что спинной мозг работает по рефлекторному принципу, и ввёл термин «рефлекс».

### В чём заслуги отечественных учёных в развитии теории поведения?

Дальнейшее развитие рефлекторной теории связано с именами российских учёных. В работе «Рефлексы головного мозга» И. М. Сеченов выдвинул гипотезу о связи сложных проявлений поведения и психики, сознания и мышления с рефлексами мозга. Он экспериментально доказал, что головной мозг может и усиливать ответ на раздражение, и тормозить его.

Идеи Сеченова были развиты и экспериментально доказаны И. П. Павловым — создателем учения о высшей нервной деятельности.

### Что такое высшая нервная деятельность и какие её главные принципы?

*Вы́сшая нéрвная дéятельность* — сложная форма жизнедеятельности, обеспечивающая индивидуальное поведенческое приспособление человека и высших животных к изменяющимся условиям.

Павлов показал, что в основе психики лежат нервные процессы всего мозга и особенно коры больших полушарий. Разработанный им метод условных рефлексов позволил установить, что при определённых условиях ранее безразличный раздражитель приобретает сигнальное значение, становясь биологически важным. В этом заключена суть образования условных рефлексов. Эти приобретённые в результате обучения реакции составляют индивидуальный опыт.

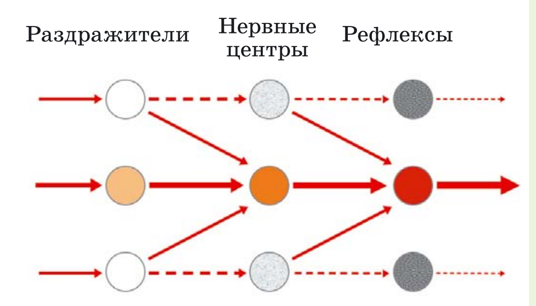



**Рис. 51.1.** Принцип доминанты

Условные рефлексы образуются на протяжении всей жизни, они менее прочные и могут быть заторможены. Взаимодействие врождённых и приобретённых условных рефлексов лежит в основе высшей нервной деятельности. Это позволило сформулировать главные принципы поведения и психической деятельности — причинность, структурность, анализ и синтез.

Принцип *причи́нности* утверждает, что в организме не происходит ни одного явления без причины, повода или толчка.

Принцип *структу́рности* указывает, что все функции связаны с конкретными участками мозга.

Принципы *ана́лиза* и *си́нтеза* состоят в том, что любое воздействие мозг вначале анализирует по признакам и биологической значимости, а затем по результатам анализа формирует поведение.

Основная и функциональная единица поведения — это взаимодействие доминанты и условных рефлексов. Доминанта придаёт поведению активный и направленный характер, а опыт в виде специализированных условных рефлексов обеспечивает соответствие поведения реальной ситуации (рис. 51.1).

## Что такое доминанта?

Устойчивый очаг повышенной возбудимости А. А. Ухтомский назвал *домина́нтой* (от лат. *доминанс* — господствующий) — временно господствующим рефлексом.

В каждый момент преобладают ведущие для выживания рефлексы или потребности. Доминанты постоянно сменяют друг друга, так, при ходьбе поочерёдно доминируют центры сгибания и разгибания конечностей. Доминантному очагу присущи такие особенности: инерция — доминанта длится, пока существует потребность; торможение соседних центров и подчинение их деятельности; способность притягивать возбуждения из других зон мозга и усиливаться за счёт этого.

При потребности в воде или пище формируются стойкие очаги возбуждения, исчезающие по мере удовлетворения потребностей. Имеющиеся пищевые потребности снижают продуктивность в других сферах деятельности и значительно обостряются при запахе, разговоре о воде или пище.

Доминанта придаёт поведению активный избирательный и целенаправленный характер. Она является основой мотивации и таких психических процессов, как внимание, сосредоточенность, целеустремлённость, воля. Когда мы увлечены делом, то не слышим обращений, не реагируем на происходящее вокруг.

Однако появление длительно незатухающих очагов доминантного возбуждения может стать причиной психических расстройств, например желание приобрести дорогую модную вещь или нежелание оторваться от монитора компьютера.

## Как организована функциональная система поведения?

Успешная деятельность зависит от объединённой и согласованной работы многих органов. В представлении П. К. Анохина поведение является *функциона́льной систе́мой* с множеством чувствительных и рабочих звеньев, нацеленных на достижение полезного приспособительного результата.

После достижения результата, удовлетворения потребности доминанта угасает и формируется другая функциональная система, удовлетворяющая новые потребности.

Такое временное объединение органов и систем Анохин назвал функциональной системой. Она позволяет организму выработать программу действий, способствующих достижению цели с максимальной эффективностью. В то же время при необходимости, основываясь на информации, которая постоянно поступает от рабочих органов по каналам обратной связи, организм может вносить в программу действий поправки, постоянно приспосабливая организм человека к изменяющимся условиям.

## Какие действия являются волевыми?

*Во́ля* — сознательное и целенаправленное управление своей деятельностью, способность выбирать дела, занятия и проявлять внутренние усилия для их осуществления. Это специфический акт, не сводимый к сознанию и действию.

Исполняя волевой поступок, человек противостоит испытываемым в данный момент потребностям и импульсивным желаниям. Для волевого акта типично осознание ценности цели действия и не доводы «я хочу», а переживания «надо», «я должен».

Волевое деяние включает принятие решения, часто сопровождающееся борьбой мотивов, выбором варианта и его реализацией.

### Какова роль гормонов в поведении?

Гипоталамо-гипофизарная система промежуточного мозга наряду с другими формирует *лимби́ческую систе́му* мозга. Лимбическая система окутывает верхнюю часть ствола головного мозга, будто поясом, и образует его край (лимб). Она активно синтезирует химические вещества — *нейромедиа́торы* — «гормоны счастья», подсказывающие человеку: «это для тебя хорошо» или «это для тебя опасно, избегай этого».

Каждый нейромедиатор влияет на определённое поведение. *Дофами́н* мотивирует на получение чего-то необходимого, даже если это связано с затратой значительных усилий.

*Эндорфи́н* снижает болевой порог, давая тем самым возможность скрыться от опасности при ранении или травме.

*Окситоци́н* мотивирует человека на проявление доверия по отношению к окружающим, а *серотони́н* — на то, чтобы заслужить уважение к себе.



Высшая нервная деятельность. Причинность. Структурность. Анализ. Синтез. Доминанта. Функциональная система. Воля. Лимбическая система. Нейромедиаторы. Дофамин. Эндорфин. Окситоцин. Серотонин.



### Вопросы и задания

**1.** Какой вклад в развитие рефлекторной теории поведения внёс Р. Декарт? **2.** Какое явление А. А. Ухтомский назвал доминантой? **3.** Какова роль доминанты в мотивации психических процессов? **4.** Приведите примеры из своей жизни, где бы ваше поведение имело волевую окраску. **5.** Какие научные работы И. М. Сеченова и И. П. Павлова позволили назвать их основоположниками учения о высшей нервной деятельности? **6.** Какова роль нейрогормонов в поведении?

## § 52. Наследственные и ненаследственные программы поведения



Жёсткими наследственными программами поведения являются безусловные рефлексы, инстинкты и запечатление.

### Что представляют собой безусловные рефлексы?

Простой формой врождённого поведения считают *безусло́вные рефле́ксы*. Под ними понимают видовые, наследственно закреплённые и стереотипные реакции организма на внешние и внутренние раздражители, стимулы, организуемые центральной нервной системой.

Имеются пищевые, защитные (оборонительные), половые и ориентировочные рефлексы.

Ориентировочный безусловный рефлекс И. П. Павлов назвал рефлексом «что такое?». Он возникает на новые раздражители и выражается в принюхивании, настораживании, прислушивании, ориентации тела, головы, глаз на появившийся объект. При открытии двери кабинета посторонним человеком во время контрольной работы ученики отвлекаются на этот раздражитель.

Нервные пути, дуги безусловных рефлексов, неизменны, замыкаются в ядрах ствола головного мозга и в сегментах спинного мозга. Эти рефлексы сохраняют целостность организма.

## Каковы основные особенности инстинктивного поведения?

*Инсти́нкт* (от лат. *инстинктус* — побуждение) — система безусловных рефлексов. Он состоит из последовательных поведенческих актов. Каждый достигнутый этапный результат определяет следующее действие: без сигнала о завершении предыдущей фазы не переходят к следующей.

Инстинкты сложились как приспособления к стабильным или периодически изменяющимся условиям и строятся на основе жёстких наследственных программ и подчинены жизненно важному результату. Инстинкты наследуются и поэтому являются видовым признаком.

Инстинктивное поведение возникает на ограниченный набор внешних «ключевых» стимулов — зрительных, слуховых, тактильных, обонятельных.

Вид пищи или полового партнёра, запахи, звуковые и тактильные сигналы при наличии потребностей и мотиваций запускают инстинктивное действие. У человека инстинкты контролируются сознанием.

## Какие ещё существуют формы наследственного поведения?

Относительно простой вид поведения — это *запечатле́ние*, или *импри́нтинг* (от англ. *импринт* — оставлять след, запечатлевать, отмечать). Он возникает в короткие чувствительные периоды и связывает врождённые и приобретённые формы поведения. Импринтинг был обнаружен К. Лоренцем, наблюдавшим за гусятами в инкубаторе.

Первым движущимся объектом, с которым они встретились, была не мать-гусыня, а учёный. Вместо того чтобы присоединиться к остальным гусям, эти птицы следовали за Лоренцем и вели себя с ним как с гусыней. Приобретённое поведение стойкое и с трудом изменяется.



Импринтинг имеет большое приспособительное значение, помогая детёнышам быстро перенимать навыки от родителей, запоминать приметы территории обитания и пищи.

У ребёнка социальные связи начинают устанавливаться рано и носят глубокий характер. С первых дней жизни для новорождённого важен контакт с родителями через осязание, зрение и слух. Он имеет ключевое значение для формирования привязанности и гармоничного развития. Изоляция в первые годы жизни приводит к нарушениям поведения. Примером импринтинга являются дети, «воспитанные» животными, «дети-Маугли», которые не смогли приспособиться к человеческому обществу.

## Каково значение приобретённых программ поведения?

У «протеза» мозга — компьютера — есть набор «врождённых» программ, его операционная система, однако пользователь «приобретает», устанавливает, обновляет другие программы.

В природе наряду с повторяющимися явлениями происходит и непредвиденное. В этом случае успешно приспосабливаться к новым условиям могут животные, которые быстро и адекватно реагируют на изменения. Особенностями поведения в таких условиях становятся манёвренность, гибкость, пластичность, основанная на запечатлённом в памяти опыте.

Это действие называют *научéнием*. Известно много его форм, все они опираются на инстинкты и выражаются в приобретении собственного опыта.

## Как различают условные рефлексы и как они вырабатываются?

Выработку классических *услóвных рефлéксов* И. П. Павлов проводил на собаках с фистулой слюнной железы (проток железы выводили наружу). При подаче животному пищи через фистулу выделялась слюна (рис. 52.1). Пища, возбуждавшая рецепторы полости рта, была *безуслóвным раздражи́телем*.

Затем за полминуты до кормления вызывали звук камертона (инструмент для фиксации и воспроизведения эталонной высоты звука). Вначале животное реагировало ориентировочным рефлексом — поворотом головы, но слюноотделения не происходило:

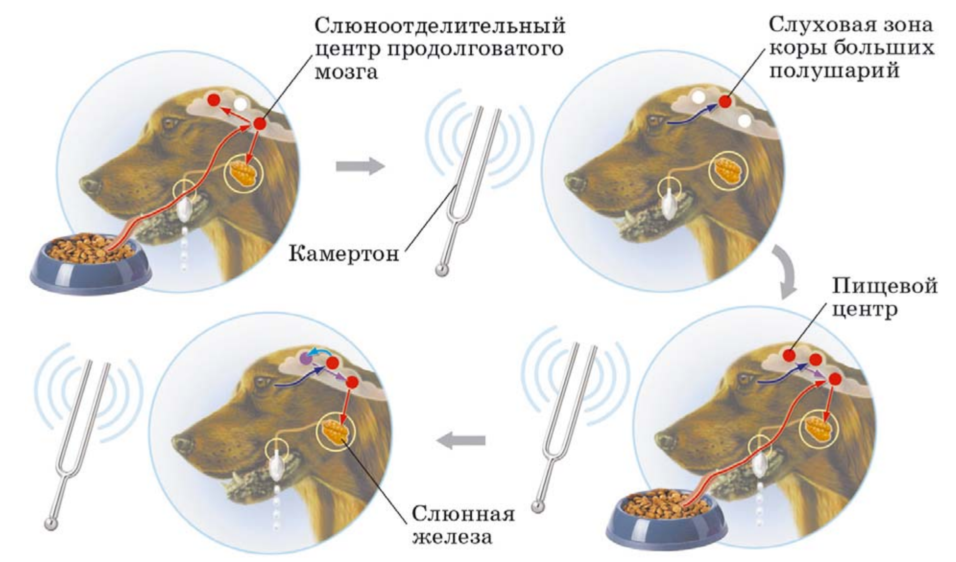



**Рис. 52.1.** Процесс формирования условного рефлекса

звук камертона был безразличным, или индифферентным, раздражителем.

Звук камертона неоднократно сочетали с кормлением, и после нескольких сочетаний начиналось обильное слюновыделение, хотя пищи в кормушке не было. Таким образом, звук, бывший ранее безразличным, вызывавшим только ориентировочный рефлекс, после неоднократного сочетания с безусловным подкреплением становился *усло́вным раздражи́телем*, значимым сигналом.

## Чем отличаются инструментальные условные рефлексы?

Эти рефлексы впервые исследовал Б. Ф. Скиннер. Животное, помещённое в камеру (рис. 52.2), должно было совершить действия или манипуляции: что-то нажать или передвинуть. После этого оно получало пищевое подкрепление: условием для подкрепления являлся положительный результат.




**Рис. 52.2.** Рефлекс Скиннера

Постепенно в мозгу образовывалась связь между действием и результатом. В этом заключается основное различие между инструментальными и классическими павловскими рефлексами.

## Каков механизм образования условного рефлекса?

У млекопитающих условно-рефлекторные пути (дуги) образуются в коре больших полушарий. Там устанавливаются временные связи между центрами условного и безусловного раздражения. Эта связь становится тем прочнее, чем чаще возбуждаются обе зоны коры.



После нескольких повторений при действии одного лишь условного раздражителя возбуждение возникало в обоих центрах. Механизм выработки слюноотделительного рефлекса иллюстрирует рисунок.

## Свойством выработанных реакций является их торможение. Как оно происходит?

Различают два вида *торможе́ния* — внешнее (безусловное) и внутреннее (условное).

Внешнее торможение не требует выработки, рефлекс ослабевает или исчезает под влиянием новых раздражителей, которые вызывают ориентировочные реакции. Слюноотделительный рефлекс на звук камертона прекратится при включении слепящего света. Сильные и посторонние раздражители по закону доминанты вызывают торможение в центрах условного рефлекса.

Без подкрепления безусловным стимулом условный рефлекс угасает, тормозится и исчезает. Внутреннее торможение имеет биологическое значение: животные не реагируют на сигналы, утратившие своё значение. Однако при возобновлении подкрепления угасший рефлекс восстанавливается. Но если рефлекс не подкреплять и в дальнейшем, образуется тормозная временная связь, а звук камертона станет сигналом отсутствия пищи.

## Что такое динамический стереотип?

*Стереоти́п* (от греч. *стереос* — твёрдый, *типос* — отпечаток) — устойчивое, упрощённое, схематичное представление о чём-либо. *Динами́ческий стереоти́п* — комплекс условных рефлексов, выработанных на условные раздражители, следующие в одном и том же порядке, т. е. стереотипно.

Человек строит поведение по динамическим программам, сначала по подсказкам родителей, а затем и сам определяет сигналы, позволяющие быстрее и проще достигнуть результата, удовлетворить потребность. С их помощью люди пишут, читают, соблюдают режим дня.

Динамические стереотипы являются основой привычек, формирования последовательности в трудовых действиях, приобретения умений и навыков. Стереотипы сохраняются долгое время и определяют поведение человека.

Приобретённое поведение выступает как два связанных процесса: во-первых, это обучение, а во-вторых — воспроизведение знаний в поведении. В молодости большее значение имеет обучение, в пожилом возрасте извлекается прошлый опыт — уже готовые программы.



Безусловные рефлексы. Инстинкты. Запечатления. Научение. Условные рефлексы. Безусловный раздражитель. Условный раздражитель. Торможение. Динамический стереотип.

### Вопросы и задания

**1.** Что представляет собой метод условных рефлексов И. П. Павлова? Каково главное условие их образования? **2.** Чем отличаются классические павловские условные рефлексы от инструментальных? **3.** В чём связь между безусловными и условными рефлексами? **4.** Объясните причины угасания условного рефлекса. **5.** Что такое динамический стереотип и какова его биологическая роль?

## § 53. Сложные ненаследственные программы поведения. Особенности поведения человека



Поведение нельзя рассматривать только как комбинации условных и безусловных рефлексов. У животных можно встретить зачатки мышления, орудийную деятельность, озарение (инсайт), интеллектуальное поведение.

### Что собой представляет рассудочная деятельность?

*Рассу́дочная де́ятельность* — одна из высших форм приспособления к изменяющимся условиям. Она позволяет особи, или *индиви́дууму* (от лат. *индивидуум* — неделимый), предвидеть изменения и учитывать их в своём поведении.

Примером рассудочной деятельности является *оруди́йная де́ятельность*. Человекообразные обезьяны часто применяют различные предметы, а некоторые способны

учитывать их свойства и предвидеть результаты. Например, в эксперименте при тушении огня одна обезьяна быстро стала использовать сосуд с водой, а другая пользовалась половой тряпкой.

Особенностью поведения обезьян является *подража́тельность*: животное может «подметать» пол, «рисовать» красками, так делает и маленький ребёнок.

## Почему вдруг возникают «свежие» мысли?

Способность правильно и разумно решать сложную задачу после неудачных попыток называют *озаре́нием*, или *инса́йтом*. Эта способность основана на информации, полученной в других чем-то похожих ситуациях, и не является результатом обучения или научения, методом проб и ошибок.

В эксперименте обезьяна пыталась достать подвешенную приманку одной палкой, потом другой, более длинной, но успеха не добилась. Обнаружив ящики, поставила их один на другой, и достала приманку (рис. 53.1).

Задача была решена не в результате научения, а вследствие логических размышлений, можно сказать, в результате озарения.

Интеллект обезьян отличается от мышления человека. Животные способны решать конкретные задачи, которые встречаются в естественных условиях. Интеллектуальное поведение — вершина

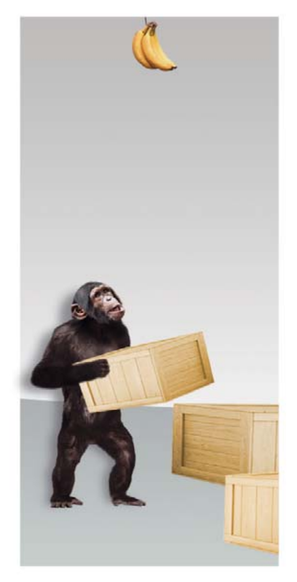




**Рис. 53.1.** Процесс озарения, или инсайт

психического развития: животные способны переносить свои знания в новые ситуации, но не способны к обобщению.

Качественные особенности поведения человека связаны с наличием двух сигнальных систем, речи, мышления, присутствием сознательного и бессознательного.

### Что такое сигнальные системы?

Высшая нервная деятельность строится на реакциях нервной системы в ответ на непосредственные чувственные внешние сигналы. Совокупность нервных процессов, обеспечивающих восприятие и анализ информации и поведение, называют *сигна́льной систе́мой*. Это система рефлексов, благодаря которой осуществляется связь организма со средой и приспособление её к условиям.

И. П. Павлов выделил две сигнальные системы. *Пе́рвая сигна́льная систе́ма* формируется в больших полушариях при воздействии конкретных раздражителей: света, звука, давления — и представляет совокупность условных рефлексов, накопленный опыт. Это система конкретных, чувственно непосредственных образов. У человека она характеризуется рядом особенностей. Например, животные лучше различают отдельные раздражители, а человек — их комбинации.

В процессе трудовой и социальной деятельности у человека возникла *втора́я сигна́льная*, или *зна́ковая*, *систе́ма* — система речевых сигналов, отвлечённого отражения действительности в виде символов. Именно «слово сделало нас людьми». Слово обобщает все сигналы и становится «сигналом сигналов».

Вторая сигнальная система формируется при общении с другими людьми под влиянием биологических и социальных факторов. Специальной формой психической деятельности становится абстрактное, т. е. отвлечённое, мышление. Центральное место в ней занимает слово, речь, однако она охватывает и другие виды символизации — звуки, рисунки, математические знаки, художественные образы, мимику, жестикуляцию.

### Что такое речь?

Это один из видов коммуникативной деятельности человека — использование средств языка для общения с другими членами языкового коллектива. Речь, как процесс говорения, представляет собой речевую деятельность и её результат — речевые произведения, фиксируемые памятью или письмом.

*Речь* — высшая функция центральной нервной системы, главный механизм интеллектуальной деятельности, форма общения

людей одной языковой группы. Она в основном связана с левым полушарием мозга. В нём выделяют центры, обеспечивающие восприятие речи, её анализ, произнесение.

## Что такое язык?

*Язы́к* — знаковая система, используемая как средство передачи информации и общения людей, например язык математики, жестов, цветов. Известно 2500 разговорных языков. Наиболее распространены английский, китайский, индийский, французский, испанский, русский.

Способностью к обучению речи человек наделён от рождения. Однако, если ребёнок изолирован от общества, эта способность не реализуется. Дети не изобретают язык и не выбирают его. Какой язык они усвоят как родной, зависит от их окружения. Для овладения языком существует критический период: после семи лет способность к речи утрачивается. Мальчик из джунглей Маугли, рождённый фантазией Р. Киплинга, не мог бы существовать в реальности, поскольку с первого момента он знал, как говорить и вести себя.

## Каковы главные функции речи?

Выделяют три основные функции: коммуникативную, регулирующую и программирующую. Коммуникативная функция — общение людей посредством языка: человек получает знания о предметах и явлениях без непосредственного контакта с ними. Всё, что человек воспринимает органами чувств, он обозначает словами. Вместе с тем слово обобщает. Для ребёнка слово «стул» обозначает конкретный предмет — стул, на котором сидят. Взрослея, ребёнок узнаёт и другие предметы, имеющие признаки стула, и это слово становится обобщающим понятием.

Животные реагируют на слова, выполняют команды. Однако для них слова — обычные звуковые условные раздражители. Человек же, используя речь, обобщает понятия о предметах, их свойствах и признаках. Главное, что человек думает словами.

Регулирующая функция — это словесное регулирование человеком действий другого и собственных действий посредством внутренней речи. Программирующая функция состоит в построении смысловых схем, грамматики, правил.

## Какие существуют виды речи?

Различают речь внешнюю (устную и письменную) и внутреннюю. *Вне́шняя речь* — речь для других — средство общения. Устная речь осуществляется в виде монолога (речи одного челове-

ка) и диалога (разговора между двумя или несколькими людьми). Устная речь передаёт определённое содержание, мысли, чувства человека, его отношение к высказываемому. Выразительность речи подчёркивает интонация, мимика, жесты, эмоции. Письменная речь связана с графическими знаками.

*Вну́тренняя речь* — это внутренний беззвучный речевой процесс, наше мышление, речь для себя. Слова — лишь символы, а суждения, высказывания с помощью них могут быть верными или ошибочными. Проверить правильность утверждения можно при помощи знаний, личного и общественного опыта.



Рассудочная деятельность. Орудийная деятельность. Подражательность. Инсайт. Первая сигнальная система. Вторая сигнальная система. Речь. Язык. Внешняя речь. Внутренняя речь.

### Вопросы и задания

**1.** Какие формы интеллектуального поведения вам известны? **2.** Что представляет собой рассудочная деятельность? **3.** Чем отличается орудийная деятельность от инсайта? Приведите примеры. **4.** Что вы думаете о возможностях интеллектуальной деятельности животных? **5.** Объясните, чем интеллектуальная деятельность животных отличается от мышления человека. **6.** Какие сигнальные системы вы знаете? **7.** Объясните выражение «Слово — сигнал сигналов». **8.** Перечислите известные вам виды речи.

## § 54. Мышление. Потребности и мотивы поведения. Эмоции



Речь и *мышле́ние* тесно связаны. При помощи слов люди выражают своё отношение к предметам и явлениям, к своему состоянию. Мышление отражает предметы и явления в основных существенных свойствах, проникает вглубь их.

### Что является мышлением?

Это высшая ступень познания окружающего и внутреннего мира, позволяющая получать знания об объектах, свойствах и отношениях к действительности, которые не могут быть восприняты чувственно. Формы и законы мышления изучает *ло́гика*, а его механизмы — психология и *нейрофизиоло́гия*.

*Киберне́тика* (от греч. *кибернетике* — искусство управления) — наука об общих закономерностях процессов управления. С помощью законов кибернетики можно анализировать мышление.

## Какие мыслительные операции включает этот процесс?

Мышление охватывает анализ, отвлечение, или абстрагирование, синтез, обобщение, сравнение с эталоном (рис. 54.1). Результатом мышления является мысль, а формами выступают понятия, суждения и умозаключения.




**Рис. 54.1.** Мыслительные операции

Различают следующие виды мышления: наглядно-действенное в форме конкретных действий; наглядно-образное — в форме образов; словесно-логическое, или абстрактное, — в форме отвлечённых понятий.

Эти виды связаны друг с другом и формируются последовательно по мере развития человека.

## Что ещё составляет психику человека?

Наряду с сознанием неотъемлемую часть психики составляет бессознательное: бо́льшая часть информации воспринимается бес-

сознательно. Когда человек ставит перед собой цель, он разрабатывает программу действий и выбирает средства. Такие действия называют осознанными, контролируемыми сознанием.

*Созна́ние* — высшая, свойственная человеку форма психического отражения действительности, представленная в виде знаний, которые могут передаваться другим. Оно связано с уровнем развития и культурой: чем сложнее общество, тем более необходим высокий уровень сознания. Находясь в сложной социальной среде, человек должен отделять себя — «своё я» от других — «не я». При этом он должен учитывать интересы остальных.

Отдельные действия могут выполняться автоматически на бессознательном уровне. Нередко, подсознательно поступая правильно, люди не могут объяснить, почему они так поступили. Способность решать задачи подсознательно называют интуицией.

## Что такое потребности и как они организуют поведение?

Организм нуждается в пище, воде, жилище, развлечениях и многом другом. Нужду в чём-либо для жизни и развития называют потребностью. Потребности животных ограничиваются биологическими нуждами, а у человека множатся и изменяются в течение жизни. Они удовлетворяются изменением функций, нейроэндокринными механизмами и поведением.

*Поведе́ние* — форма жизнедеятельности, направленная на удовлетворение потребностей и проявляющаяся в целенаправленной деятельности. Поведение направлено на удовлетворение доминирующей потребности, что придаёт поведению целенаправленный характер.

Потребности побуждают организм обеспечивать связь с окружающей средой для самосохранения и саморазвития.

## Какие существуют потребности?

Российский учёный П. В. Симонов заметил: «...мы не продвинулись дальше деления потребностей на материальные и духовные, на естественные (биологические) и культурные (исторические)». Учёный выделил исходные и базисные потребности: биологические, социальные и идеальные — познания и творчества.

Потребности образуют иерархию, в основании которой биологические: индивидуальные (в пище и т. п.), родовые (сексуальные, родительские).

Биологические порождают материальные: в одежде, жилище, в технике, необходимой для производства материальных благ.

Социальные потребности делят на потребности «для себя», осознаваемые субъектом как права, и «для других», воспринимаемые как обязанности.

Но вот противоречие — не являются ли жизненно важные сексуально-родительские потребности и социальными?

На стыке социального и идеального возникли идеологические потребности, частным случаем которых является религия, а объединение социальной потребности «для других» с идеальной потребностью познания образует характеристику личности, называемую духовностью.

Социальные и идеальные потребности имеют исторический характер, зависят от уровня экономики, культуры, а осознанные обществом, группами, индивидами выступают как их интересы.

На базе одних потребностей возникают новые; рост социальных потребностей неограничен, причём наибольшие возможности имеют духовные — интеллектуальные, эстетические, творческие.

Социальные и духовные потребности не проявятся сами собой, их нужно настойчиво воспитывать и упорно формировать.

Поведение человека является сплавом физиологических и психических процессов. Основные законы работы органов и систем одинаковы у всех, а психическая деятельность индивидуальна и различна у разных людей.

### Что такое мотивы и мотивации?

Желания, стремления, влечения — слова-синонимы, означающие в русском языке одно и то же. Психологи обозначают их как *моти́в* (от лат. *мовео* — двигаю) то, что побуждает к деятельности и ради чего она совершается. Физиологи применяют термин *мотива́ция* — это активное состояние мозга, побуждающее к удовлетворению потребностей.

### Можете себе представить человека или животное без эмоций? Что это такое?

Физиологическое состояние с выраженной психической реакцией, отражающее отношение к себе и среде, называют *эмо́циями* (от лат. *эмовео* — потрясаю, волную). Они регулируют поведение и выражаются в двигательных и вегетативных проявлениях.

Посредством эмоций оценивается биологическое значение раздражителей. Эмоции повышают возбудимость нервной системы,

чувствительность сенсорных органов, усиливают все формы поведения. Благодаря эмоциям люди понимают друг друга, даже не пользуясь речью. Мир эмоций, чувств — это область искусства.

Рассмотрите фрагменты рисунка Леонардо да Винчи. Какую эмоцию художник изобразил на рисунке?



Эмоции. *Леонардо да Винчи*

Показателями эмоций являются эмоциональные реакции. Внешне они проявляются в мимических, позных, слёзных, мигательных, голосовых и других реакциях. Этими реакциями можно сознательно управлять, подавлять их или произвольно разыгрывать. Вегетативные реакции эмоций — сердечно-сосудистые, дыхательные, секреторные — не контролируются сознанием.

Эмоциональные реакции возникают при включении определённых структур мозга. Они могут быть вызваны и деятельностью эндокринных желёз. Например, адреналин и мужские половые гормоны усиливают агрессию; возбуждение некоторых ядер гипоталамуса вызывает чувство удовольствия.

Эмоциональные реакции людей формировались под влиянием национальных, культурных, религиозных традиций и моральных установок.

Эмоции различают по знаку — положительные, отрицательные и нейтральные; по характеру — радость, страх, гнев. Эмоции могут быть различной силы и длительности. Настроение — это умеренная продолжительная эмоция; страсть — всегда сильная и длительная, а аффект — бурная эмоциональная вспышка с потерей контроля над собой.



Мышление. Логика. Нейрофизиология. Кибернетика. Сознание. Поведение. Мотив. Мотивации. Эмоции.

## Вопросы и задания

**1.** Что такое мышление? **2.** Какие различают виды мышления? **3.** Как связаны мышление и речь? **4.** Перечислите виды потребностей. Приведите примеры. **5.** Что такое мотивация? **6.** Существует ли связь между потребностями и поведением человека? Ответ аргументируйте. **7.** Объясните, что такое эмоции и какое значение они имеют.

# § 55. Память. Сон

И. М. Сеченов писал, что человек без памяти оставался бы в положении «новорождённого», «существом мгновения», так как все ощущения, все образы внешнего мира исчезали бы бесследно по мере их возникновения.

## Что такое память и какое значение она имеет?

*Па́мять* — способность к воспроизведению прошлого опыта, одно из основных свойств нервной системы, возможность длительно хранить информацию и многократно воспроизводить её в сферу сознания и поведения. Выделяют процессы запоминания, сохранения и воспроизведения, включающего узнавание, воспоминание, собственно припоминание.

Нервная система воспринимает и сохраняет информацию о событиях, реакциях организма и использует её для организации поведения в новых ситуациях. Поведение в значительной мере определяется опытом, совокупностью условных рефлексов. Долговременная нервная связь, лежащая в основе условного рефлекса, и есть память.

Различают память непроизвольную и произвольную, непосредственную и опосредствованную, кратковременную и долговременную. Виды памяти классифицируют по следующим критериям: способу запоминания, продолжительности сохранения информации, проявлению и характеру восприятия.

## Как память различается по способу запоминания?

По способу запоминания различают непроизвольную и произвольную память. *Непроизво́льная па́мять* состоит в запоминании и воспроизведении информации без специальной цели и контроля сознания. Из хранящегося в памяти складывается опыт человека.

*Произво́льная па́мять* требует воли и заключается в специальном запоминании и воспроизведении информации. Лучше запоминается материал, который стал объектом внимания и осознания, связанный с интересной и сложной умственной работой, классификацией и анализом. Произвольная память позволяет получать учебные и профессиональные знания.

## Какова продолжительность «короткой памяти»?

Различают память мгновенную, кратковременную и долговременную. *Мгнове́нная па́мять* — удержание точной и полной картины только что воспринятой информации, без какой-либо переработки в течение долей секунд. Это — «память-образ».

*Кратковре́менная па́мять* — *«коро́ткая»* — удерживает информацию до нескольких десятков минут. Хранит обобщённый образ и его существенные черты.

Механизм кратковременной памяти — это оперативная память компьютера. Она позволяет перерабатывать большой массив информации, отсеивать несущественную и отбирать необходимую для долговременного запоминания: она служит хранилищем отобранной информации.

Перевод информации из кратковременной памяти в долговременную облегчается при повторении материала.

*Долговре́менная па́мять* сохраняет информацию длительное время. Находящиеся в долговременной памяти сведения могут воспроизводиться через длительное время и многократно.

## Каковы проявления памяти?

Существуют разные виды проявлений памяти — двигательная (память-привычка), эмоциональная, или аффективная (память «чувств»), образная и словесно-логическая.

*Дви́гательная*, или *мото́рная*, *па́мять* — запоминание и воспроизведение движений. Это основа выработки двигательных навыков, ходьбы, бега, игры на музыкальных инструментах, навыков письма. Благодаря ей можно автоматически (без контроля сознания) выполнять комплексы движений.

*Эмоциона́льная па́мять* — это память чувств. Установлено, что запоминанию способствуют биологически активные вещества, выделяющиеся при эмоциях. Например, благодаря этой памяти человек сочувствует другому.

*О́бразная па́мять* состоит в сохранении и воспроизведении зрительных, слуховых, обонятельных образов. Образная память связана с воображением: человек вспоминает знакомые предметы, музыкальные мотивы, лица, запахи. Этот вид памяти необходим в разных областях деятельности: музыканту важен слуховой образ, художнику — зрительный.

*Слове́сно-логи́ческая па́мять* — запоминание и воспроизведение мыслей, слов, символов и других знаков. При запоминании используются представления и понятия, что помогает понимать и запоминать смысл. Все виды памяти взаимосвязаны, поэтому лучше запоминается то, что значимо, ново, образно и эмоционально насыщено.

## Почему мы не можем жить без сна? Каково его значение?

Человек проводит примерно треть жизни во сне. Лишь в течение 4–5 дней он может преодолевать сон, по истечении которых засыпает в любой позе. Так, описаны случаи, когда наездник засыпал в седле, на полном скаку.

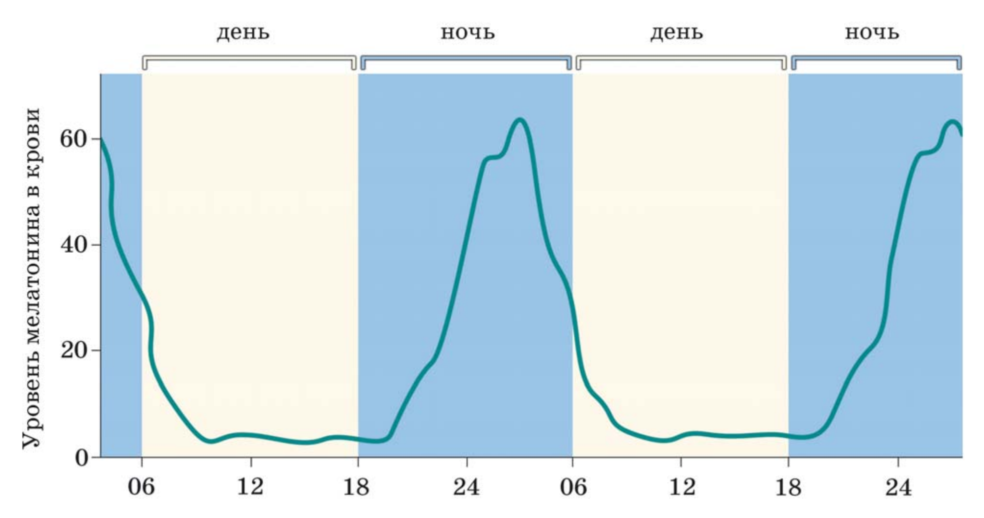



**Рис. 55.1.** Суточный цикл мелатонина

За сотни тысяч лет существования люди свыклись с ритмом дневной активности и ночного отдыха, что соответствует 24-часовому (суточному) циклу. Решающая роль в контроле ритма «сон — бодрствование» принадлежит нервным центрам ствола мозга и промежуточного мозга: таламусу и гипоталамусу и эпифизу, вырабатывающему гормон сна мелатонин (рис. 55.1). Переход от бодрствования ко сну происходит за счёт торможения механизмов бодрствования, а от сна к бодрствованию — процессов их возбуждения.

*Сон* — естественное физиологическое состояние, характеризующееся пониженной реакцией на окружающее.

Во время бодрствования мозг приспособлен для сбора информации, во время сна — для её обработки. Другими словами, ночью он переключается с «записи» на «редактирование», причём именно во сне мозг решает, какие воспоминания нужно сохранить, а какие — удалить. Во сне мозг восстанавливает свою работоспособность для следующего получения сигналов из окружающей среды, его клетки — нейроны усваивают питательные вещества и накапливают энергию.

Сон крайне необходим для активизации синтеза белков в клетках, поддержания здоровой иммунной системы, температуры тела и артериального давления. Во время сна эндокринные клетки вырабатывают гормон роста, необходимый для функционирования костей и мышц. Недаром человек после спокойного и полноценного сна ощущает свежесть, бодрость, прилив энергии.

### Каковы физиологические признаки сна?

Существенными признаками сна являются снижение активности нервной системы и мышечного тонуса, выключение сознания, чувствительности, снижение уровня обмена веществ, артериального давления и температуры тела, частоты сердцебиений и дыхания.

### Как протекает нормальный сон?

Ночной сон протекает циклически. В каждом цикле различают пять фаз: четыре медленного сна и одна — быстрого. В течение ночи проходит 4–6 полных циклов сна с продолжительностью каждого около 70–90 мин (рис. 55.2).

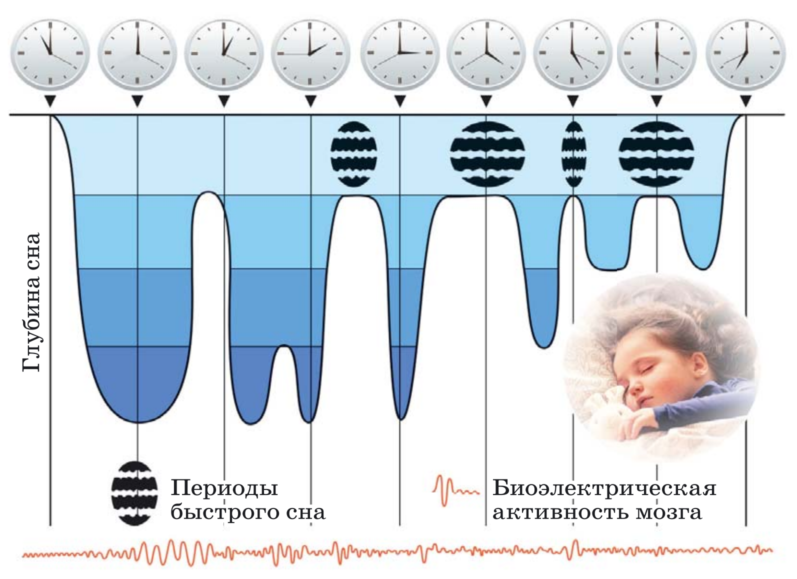



**Рис. 55.2.** Фазы сна

### Что происходит во время медленного сна?

*Ме́дленный сон* наступает после засыпания и длится 60–80 мин. Он сопровождается ступенчатым урежением дыхания, пульса, расслаблением скелетных мышц, снижением обмена веществ и температуры тела. Сновидения в данный период менее яркие, достаточно редко запоминаются. Именно на протяжении медленного сна человек способен издавать разнообразные звуки, не замечая этого, так же плакать, смеяться, иногда даже ходить.

### Что происходит в фазу быстрого сна?

*Бы́стрый сон* следует после глубокой фазы медленного сна и длится 10–15 мин. Электрическая активность мозга в эту фазу та-

кая же, как и при бодрствовании. При пониженном мышечном тонусе отмечаются движения конечностей и лицевых мышц, быстрые движения глаз под закрытыми веками, сужение зрачков. Сердечный ритм и число дыханий увеличивается, повышается артериальное давление и температура тела, возникают яркие сновидения.

Быстрый сон важен для состояния психики: если человека постоянно будить в этот период сна, днём человек будет раздражителен, у него легко ухудшается память.

### Многим «снятся сны», по ним гадают, делают предсказания. А что такое сновидения?

*Сновиде́ния* — нормальная психическая деятельность мозга, протекающая во сне и связанная с комбинацией осознанных и неосознанных явлений, с физиологическими процессами.

Во сне человек видит невероятные сочетания бывших впечатлений. У слепых от рождения не возникают зрительные образы, обычные сновидения отсутствуют, но ярче выражены тактильные, обонятельные, слуховые и эмоциональные образы. Все люди видят сны, даже те, кто после пробуждения не может их вспомнить. Сновидения являются показателем психического здоровья.

Длительное лишение сна непереносимо и может привести к нарушению психики. Через 2–3 суток появляется непреодолимая сонливость, раздражительность, агрессивность.

Одно из наиболее часто встречающихся расстройств сна — *бессо́нница*. Она возникает в результате нервного переутомления, длительной напряжённой физической и умственной работы, эмоционального перевозбуждения. Лучшее средство от бессонницы — отказ от вредных привычек и разумное сочетание труда и активного отдыха.



Память: непроизвольная, произвольная; мгновенная, кратковременная, долговременная; двигательная (моторная), эмоциональная, образная, словесно-логическая. Сон: медленный, быстрый. Сновидения. Бессонница.

### Вопросы и задания



**1.** Что такое память и каково её значение для человека? **2.** В чём различия кратковременной и долговременной памяти, непроизвольной и произвольной? **3.** Объясните различия между образной и словесно-логической памятью. **4.** Приведите примеры эмоциональной памяти. Какое значение она имеет в жизни человека? **5.** Из каких фаз состоит сон? Чем фазы сна отличаются друг от друга? **6.** Как изменяются функции организма во время сна?



**Практические работы:** «Оценка сформированности навыков логического мышления», «Изучение кратковременной памяти», «Определение объёма механической и логической памяти».

## § 56. Психика. Типы высшей нервной деятельности и темпераментов. Стресс



С давних пор мыслители стремились классифицировать чувства человека. Все они были согласны с тем, что чувства субъективно переживает каждый. Поэтому описать их объективно невозможно. Чем богаче мир чувств, тем больше способность понимать других, сопереживать.

### Что представляет собой психика?

*Пси́хика* (от греч. *психикос* — душевный) — внутренний мир конкретного человека, включающий ощущения и восприятие, эмоции, память и представления, мышление и фантазию, чувства и волю. Психика человека обусловлена индивидуальными наследственными задатками и жизненным опытом. Сложная психика делает поведение людей разнообразным и неповторимым.

### Что такое тип высшей нервной деятельности?

Типы высшей нервной деятельности, нервной системы, поведения — это комплексы основных врождённых и приобретённых индивидуальных свойств, определяющих различия в поведении и отношении к одним и тем же воздействиям среды. В основу классификации типов высшей нервной деятельности легли представления о силе, уравновешенности и подвижности процессов возбуждения и торможения в нервной системе.

### Что означает слово «темперамент»?

К античности восходит учение о *темпера́ментах* (от лат. *темпераментум* — соотношение) — индивидуальных особенностях эмоциональных реакций и волевой деятельности человека.

### Какие существуют темпераменты?

Гиппократ выделил четыре темперамента, обозначив их по греческим названиям жидкостей, «соков тела», которые, как он полагал, и создают индивидуальные различия (рис. 56.1). Слизь (*фле́гма*) придаёт черты медлительного *флегма́тика*, желчь (*хо́ле*) обусловливает вспыльчивость и раздражительность *холе́рика*, кровь (*са́нгва*) делает человека энергичным и решительным

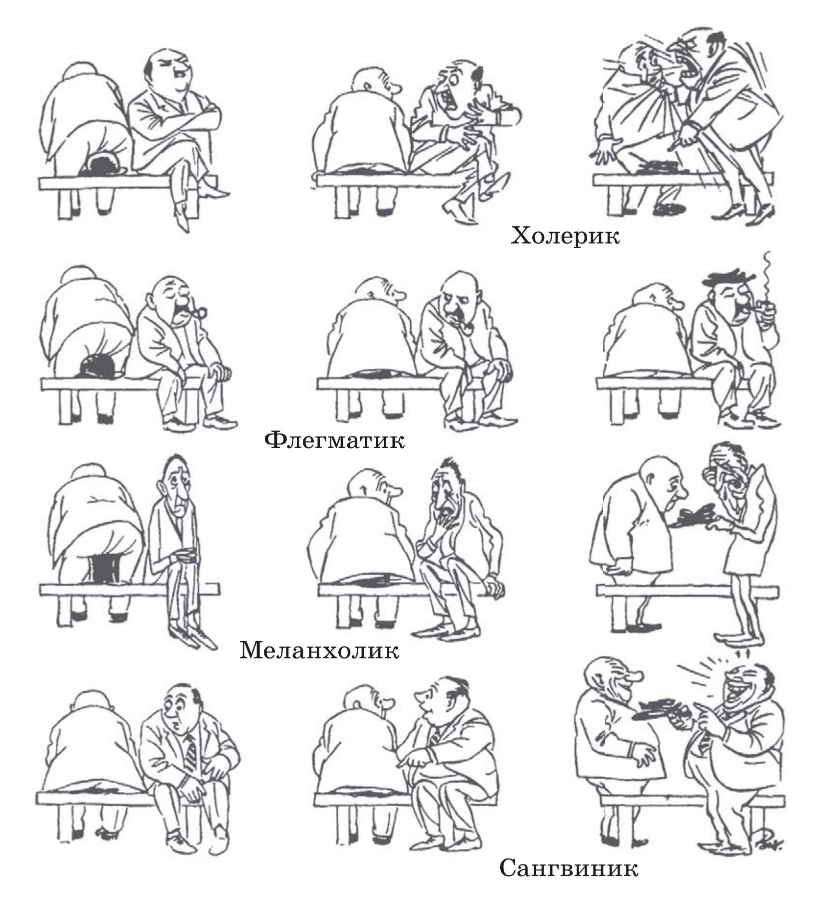



**Рис. 56.1.** Темпераменты: реакция людей с разным темпераментом на смятую шляпу (художник Х. Бидструп)

*сангви́ником*, а мнимая, никогда не обнаруженная, испорченная чёрная желчь (*мела́н хо́ле*) определяет поведение унылого, вялого *меланхо́лика*. Аллегории темпераментов есть на древних изображениях, масках, скульптурах, на них намекают фольклорные приметы: слизняк, жёлчный, кровь с молоком.

## Какие физиологические процессы лежат в основе темпераментов?

Истинная природа темпераментов открылась в свете научного положения И. П. Павлова о свойствах нервной системы. Комбинации трёх основных качеств: силы процессов возбуждения и торможения, их уравновешенности и подвижности, т. е. скорости смены одного другим, — позволили выделить общие типы

высшей нервной деятельности, различающиеся по устойчивости и адаптации в окружающем мире.

## Каковы основные типы высшей нервной деятельности?

И. П. Павлов выделил и охарактеризовал четыре главных типа высшей нервной деятельности. Сильный, уравновешенный, подвижный, или живой, тип соответствует сангвинику. Он характеризуется способностью к преодолению трудностей, самообладанием, высокой адаптацией. Людям этого типа присуща приспособляемость вегетативных органов к изменениям в среде, быстрое и полное восстановление после устранения вызвавших нарушение причин.

Сильный, уравновешенный, малоподвижный, или инертный, тип Павлов назвал спокойным. Его представители подобны флегматику: сдержанны, работоспособны, но медлительны и заторможены при смене деятельности; адаптация и восстановление вегетативных процессов медленные.

Холерику близок сильный, неуравновешенный, или безудержный, тип, отличающийся слабым торможением. Люди этого типа увлекающиеся, работоспособные, но часто вспыльчивы по пустякам. Вегетативные функции восстанавливаются длительно и неровно.

Слабый тип сходен с меланхоликом. Он легкораним, склонен глубоко переживать даже незначительные неудачи, но внешне вяло реагирует на окружающее. Снижение процессов возбуждения и торможения в жизни ограничивает устойчивость, создаёт риски психических расстройств.

Представители всех типов выдержали проверку в эволюции человека. Резко очерченными они не встречаются, отдельные черты их перемешаны, и не следует делить людей «на сорта».

## Существуют ли и другие типы высшей нервной деятельности?

У человека кроме этих типов И. П. Павлов выделил специальные типы высшей нервной деятельности, характеризующиеся взаимодействием первой и второй сигнальных систем: тип мыслительный с преобладанием второй сигнальной системы, тип художественный с преобладанием первой сигнальной системы и тип средний, когда обе сигнальные системы представлены в равном соотношении.

Люди *мысли́тельного ти́па* склонны к анализу, рассуждениям, сомнениям, лучше запоминают смысл, чем факты; люди *худо́жественного ти́па* — практичны, с ярким, конкретным и наглядным восприятием и образностью представлений и мышления. В *сре́днем ти́пе* сочетаются особенности «мыслителей» и

«художников». Эти различия обусловлены неодинаковой работой полушарий — асимметрией мозга: у «мыслителей» доминирует левое полушарие, у «художников» — правое.

Типы высшей нервной деятельности определяют методами самонаблюдения, самопознания и тестов.

## И печаль, и радость — это стресс. Что такое стресс?

*Стресс* (от англ. *стресс* — напряжение) — состояние напряжения, возникающее под влиянием сильных воздействий на организм. Его могут вызвать различные неблагоприятные факторы, например умственное и эмоциональное напряжение, недостаток или избыток информации, усталость, страх, обида, холод, травма, тяжёлые заболевания. Стресс захватывает вегетативную, эмоциональную и волевую сферы личности.

## Как организм реагирует на стресс?

При стрессе развивается *о́бщий адаптацио́нный синдро́м* — совокупность защитных реакций, преимущественно эндокринной системы. В нём различают стадии тревоги (мобилизация защитных сил), резистентности (приспособление к трудной ситуации), истощения (при сильном и длительном стрессе может привести к процессам, несовместимым с жизнью).

На первой стадии мобилизуются защитные силы организма, повышается устойчивость к травмирующим воздействиям. Ведущую роль на этом этапе играет нервная система, перестраивающая функции органов. На второй стадии под влиянием гормонов коры надпочечников происходит адаптация организма к стрессу. Если стрессовая ситуация и далее сохраняется, наступает третья стадия — истощение: ресурсы организма достигают критического предела, что сопровождается упадком сил, ухудшением самочувствия, заболеваниями.



Психика. Темпераменты: флегматик, холерик, сангвиник, меланхолик. Мыслительный тип высшей нервной деятельности. Художественный тип высшей нервной деятельности. Стресс. Общий адаптационный синдром.



## Вопросы и задания

**1.** Что такое психика? **2.** Что такое тип высшей нервной деятельности? **3.** На чём основана классификация темпераментов Гиппократа? **4.** Какие свойства нервной системы были положены в основу классификации темпераментов И. П. Павловым? **5.** Опишите темперамент флегматика. **6.** Какова роль нервной и эндокринной систем в развитии стресса?



## Знаете ли вы, что...

Фраза «Смеётся ли ребёнок при виде игрушки, плачет ли Гарибальди, когда его гонят за излишнюю любовь к родине, дрожит ли девушка при первой мысли о любви, создаёт ли Ньютон мировые законы и пишет их на бумаге — везде окончательным итогом является мышечное движение» принадлежит И. М. Сеченову.

У разных народов эмоции ярко проявляются в жестикуляции. Так, мексиканцы делают 170 жестов в минуту, французы — 120, итальянцы — 80. Финны жестикулируют 1 раз в минуту.

Математик Л. Эйлер обладал необыкновенной памятью на числа. Он помнил, например, шесть первых степеней всех чисел до ста.

Максимальная продолжительность гипнотического сна была установлена в 1976 г. в Ницце. По воле известного гипнотизёра Ж. Нуге добровольцы — три женщины и один мужчина — провели 200 ч в гипнотическом сне.

Естественный свет настраивает внутренние часы на чередования сна и бодрствования, а искусственное освещение сбивает их. Так, аксоны некоторых нервных клеток сетчатки глаза имеют чувствительные к голубому излучению рецепторы, передающие команду мозгу настроить внутренние часы на ночь или на день. Учёные доказали, что чем синее и ярче свет, тем более вероятно, что он подавляет высвобождение мелатонина и меняет цикл сна, особенно ночью при свечении экранов девайсов (табл. 5).

*Таблица 5*

**Смещение фаз сна (запаздывание сна)**

| Планшет | Смартфон | Электронная книга | Лампа накаливания | Свеча |
|---|---|---|---|---|
| 96 мин | 67 мин | 58 мин | 55 мин | 0 мин |



## Из истории науки

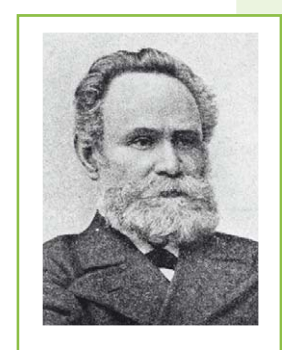
В 1732–1734 гг. Х. Вольф в книге «Эмпирическая психология» ввёл в науку термин «психология».

В 1758 г. А. Галлер охарактеризовал инстинктивное поведение животных.

В 1872 г. Ч. Дарвин опубликовал книгу «Выражение эмоций у человека и животных».

В 1909 г. на общем собрании XII съезда естествоиспытателей России Иван Петрович Павлов произнёс речь «Естествознание и мозг», обосновав необходимость объективного подхода к изучению

психики, и указал на условные рефлексы как на биологические акты.



**И. П. Павлов**

И. П. Павлов открыл законы образования и угасания условных рефлексов. Создал учение о типах высшей нервной деятельности, двух сигнальных системах и динамическом стереотипе. Рассматривал мыслительную деятельность как функцию головного мозга. Провёл многолетние исследования деятельности пищеварительных желёз, за что был удостоен Нобелевской премии по физиологии и медицине (1904 г.).

В 1911 г. А. А. Ухтомский создал учение (теорию) о доминанте, которая определяет характер реакции нервной системы организма в ответ на раздражения.

В 1973 г. К. Фришу, К. Лоренцу и Н. Тинбергену присуждена Нобелевская премия за исследования индивидуального и группового поведения животных.

## Выбираем профессию



*Психо́лог* — специалист в психологии — науке об отражении действительности в сознании человека. Различают несколько направлений этой науки: психофизиологию, социальную психологию, возрастную психологию, психологию творчества, медицинскую психологию, психолингвистику, этнопсихологию и др.

Работа психолога складывается из экспериментальной деятельности по изучению работы головного мозга, сенсорных систем, внимания, мышления, памяти: психодиагностике личностных качеств, выяснению уровней развития интеллекта и творческих способностей, достижений в различных сферах деятельности. Психолог хорошо определяет способности личности, осознанный выбор человеком профессии, позволяет научиться грамотно руководить коллективом и поступками отдельных людей.



Работа психолога — это всегда взаимоотношения с людьми, умение понять, выслушать и оказать помощь. Психологическая помощь становится сейчас всё более востребованной. Многие люди предпочитают обращаться в кризисных

ситуациях к квлифицированному специалисту. Проблемы индивида становятся предметом работы психотерапевта, а нарушения психики — врача-психиатра.

Люди, выбравшие профессию психолога, должны обладать широкими знаниями о человеке, иметь склонность к поиску и исследованию человеческих характеров.

## Выводы по главе «Поведение и психика»

Высшая нервная деятельность — поведение — обеспечивает приспособление организма к внешней среде.

Материальной основой высшей нервной деятельности является функция коры больших полушарий с подкорковыми ядрами и ядрами промежуточного мозга.

У человека они обеспечивают высшие психические функции: познавательные, эмоциональные и волевые процессы, речь, мышление, память, способность к трудовой деятельности.

К врождённым программам поведения относят безусловные рефлексы, инстинкты и отчасти запечатление; к приобретённым — условные рефлексы, динамический стереотип, рассудочную деятельность, а у человека — осознанную волевую деятельность, возникшую на базе второй сигнальной системы.

Для человека характерны суточные биологические ритмы: сон и бодрствование. Их чередование необходимо для поддержания здоровья, протекания нормальной психической деятельности.

Особенность высшей нервной деятельности человека характеризуется наличием речи, мышления, сознания, способностью к творчеству, сохранению и передаче опыта в поколениях.

С речью связаны высшие психические функции человека. Они включают познавательные процессы: ощущение, восприятие, память, воображение, мышление; эмоциональные и волевые процессы, определяемые темпераментом и типом высшей нервной деятельности.

### Темы докладов, рефератов, презентаций, проектов

1. Основоположники науки о мозге (на примере жизни одного из учёных).
2. Гипноз и внушение. Научный взгляд на эти явления.
3. Тайны сна. Летаргический сон.
4. Что такое характер?
5. А был ли Маугли?
6. Бессознательное и подсознательное в поведении.

# Глава 13
# РАЗМНОЖЕНИЕ И РАЗВИТИЕ

## § 57. Органы репродукции



*Репроду́кция* (от лат. *ре* — вновь, *продуцере* — производство) — воспроизведение себе подобных, размножение — свойство организмов, признак живого и условие сохранения жизни на Земле.

### Как появляется новый организм?

При половом размножении происходит оплодотворение — слияние ядер мужской и женской половых клеток и образование оплодотворённой яйцеклетки — *зиго́ты* (от греч. *зиготе* — соединённый вместе), из которой развивается новый организм.

### Где образуются половые клетки?

Половые клетки образуются в половых железах: в мужских — *семеннику́х* и в женских — *яи́чниках*. Это железы с двойной функцией, которые вырабатывают и половые продукты, и гормоны, определяющие половые признаки и половое поведение.

Половые железы у детей незрелые и созревают в подростковом возрасте (12–15 лет). Тогда же формируются вторичные половые признаки.

### Каково строение мужской половой системы?

Мужская половая система (рис. 57.1) состоит из парных семенников (*яичек*), находящихся в мошонке, придатков яичка, семявыносящих протоков, придаточных желёз и мочеиспускательного канала. Различают наружные и внутренние половые органы.

Образующиеся в семенниках в огромном количестве *сперматозо́иды* имеют головку с полностью заполняющим её ядром, шейку и жгутик, обеспечивающий их движение.

Созревшие сперматозоиды попадают в длинный (15–20 см) семявыносящий проток, открывающийся в мочеиспускательный канал. Анатомически он объединяет два пути и становится мочеполовым. Мужские половые пути имеют придаточные железы, вырабатывающие жидкую часть спермы — *семенну́ю жи́дкость*. Продукты семенных пузырьков составляют основной её объём. Секрет самой крупной — предстательной — железы (простаты) стимулирует движение сперматозоидов.

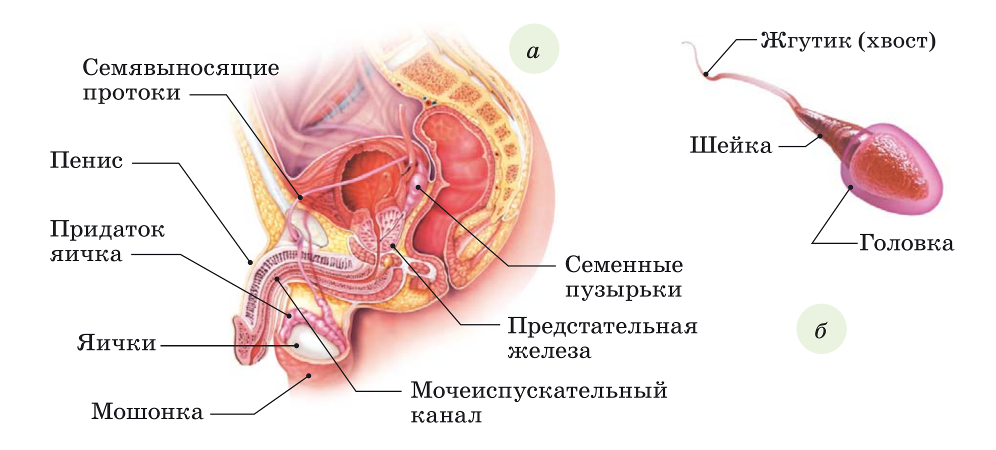



**Рис. 57.1.** Мужская половая система (*а*) и сперматозоид (*б*)

Непроизвольное семяизвержение называют *поллю́цией* (от лат. *полюцио* — марание). У здоровых мужчин поллюции происходят во сне, обычно раз в одну-две недели.

## Каково строение женской половой системы?

Женская половая система состоит из внутренних (яичники, маточные трубы, матка, влагалище) и наружных (большие и малые половые губы, клитор и преддверие влагалища с мелкими железами) половых органов (рис. 57.2).

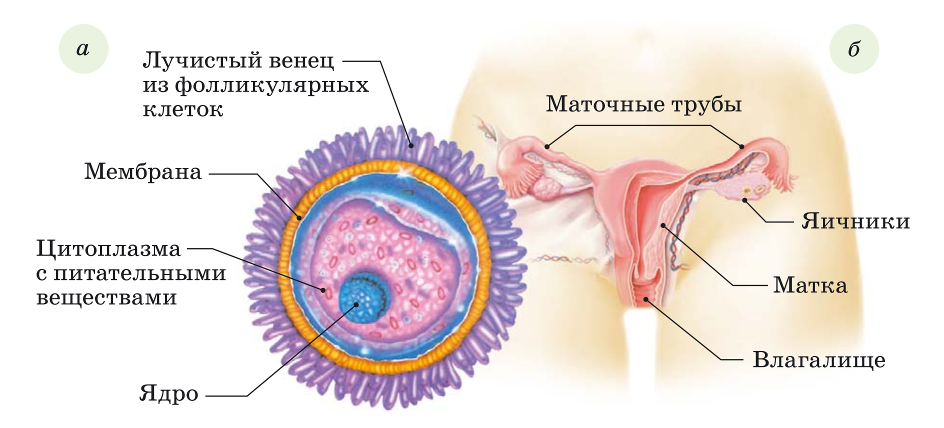



**Рис. 57.2.** Яйцеклетка (*а*) и внутренние женские половые органы (*б*)

*Яйцекле́тка* созревает в фолликуле (пузырьке) яичника на протяжении 28 суток. Зрелая яйцеклетка разрывает оболочку фолликула. Этот процесс называют *овуля́цией* (от лат. *овулум* — яйцо). Яйцеклетка выходит в брюшную полость и попадает в маточную трубу, или яйцевод.

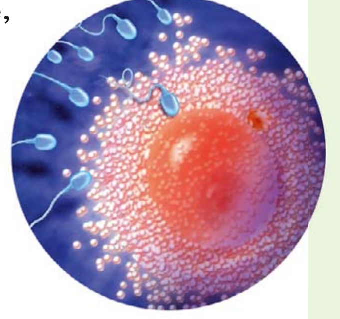
Яйцеклетка — самая крупная клетка организма: её размеры обусловлены большими запасами органических веществ, необходимых для питания зародыша в начале его развития. Яйцеклетка захватывается воронкой маточной трубы (яйцевода).

*Ма́точные тру́бы*, или *яйцево́ды*, — парные трубчатые органы, обеспечивающие продвижение яйцеклетки в матку. Внутренняя их поверхность выстлана мерцательным эпителием, движения ресничек которого и волнообразные сокращения стенки обеспечивают перемещение яйцеклетки.

*Ма́тка* — полый грушевидный мышечный орган, в котором развивается эмбрион и вынашивается плод. Орган расположен в полости малого таза.

## Где совершается оплодотворение и что происходит, если оно не произошло?

После овуляции яйцеклетка может встретиться со сперматозоидом в маточной трубе, после чего образуется зигота, которая спускается в матку и закрепляется в её стенке. Наступает беременность.



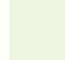
Неоплодотворённая яйцеклетка неспособна закрепиться на стенке матки и удаляется с выделениями. Этот процесс называют *менструа́цией* (от лат. *менструус* — ежемесячный). Он повторяется примерно через 28 суток и составляет менструальный цикл.



Репродукция. Семенники (яички). Сперматозоиды. Предстательная железа. Семенная жидкость. Яичники. Яйцеклетка. Овуляция. Маточные трубы (яйцеводы). Матка. Менструация.

## Вопросы и задания

**1.** В чём отличие сперматозоида от яйцеклетки? **2.** Какие органы образуют мужскую половую систему? **3.** Какие органы образуют женскую половую систему? **4.** Что такое овуляция?



**Лабораторная работа** «Строение сперматозоидов и яйцеклеток млекопитающих (на готовых микропрепаратах)».

# § 58. Биологические основы наследственности



Известно, что дети похожи на родителей. Из поколения в поколение могут передаваться особенности внешности, черты характера, склонность к тем или иным видам деятельности и др. Одни из этих признаков врождённые, другие формируются под влиянием среды, зависят от традиций, культуры, условий жизни.

## Что такое наследственность и как она обеспечивается?

*Наследственность* — неотъемлемое свойство организмов сохранять и повторять в ряду поколений свои признаки, сходные типы обмена веществ и особенности индивидуального развития. Она обеспечивается самовоспроизведением материальных единиц наследственности — генов, расположенных в структурах ядра клетки — хромосомах.

## Что такое гены и хромосомы?

Гены в линейном порядке расположены в хромосомах — структурных элементах ядра клетки. Гены состоят из молекул ДНК, в которой заключена наследственная информация.

## Что такое половые хромосомы?

Все хромосомы в клетках разнополых животных и растений подразделяются на аутосомы и половые хромосомы (рис. 58.1).

Образующиеся при мейозе половые клетки (женские — яйцеклетки и мужские — сперматозоиды) имеют одинарный набор хромосом. Яйцеклетки содержат половые хромосомы одного типа — X-хромосомы, сперматозоиды — либо X-, либо Y-хромосому.

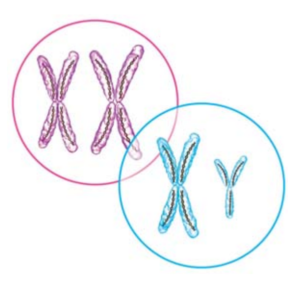


**Рис. 58.1.** Половые хромосомы

Если после оплодотворения в зиготе оказалось две X-хромосомы (по X-хромосоме от матери и отца), то родится девочка. При сочетании X- и Y-хромосом (X- от матери и Y- от отца) родится мальчик. Пол предопределяют сперматозоиды, а вероятность рождения детей обоего пола одинакова (рис. 58.2).

Половое размножение предрешает в дальнейшем развитие мужских и женских половых признаков. Мужской или женский

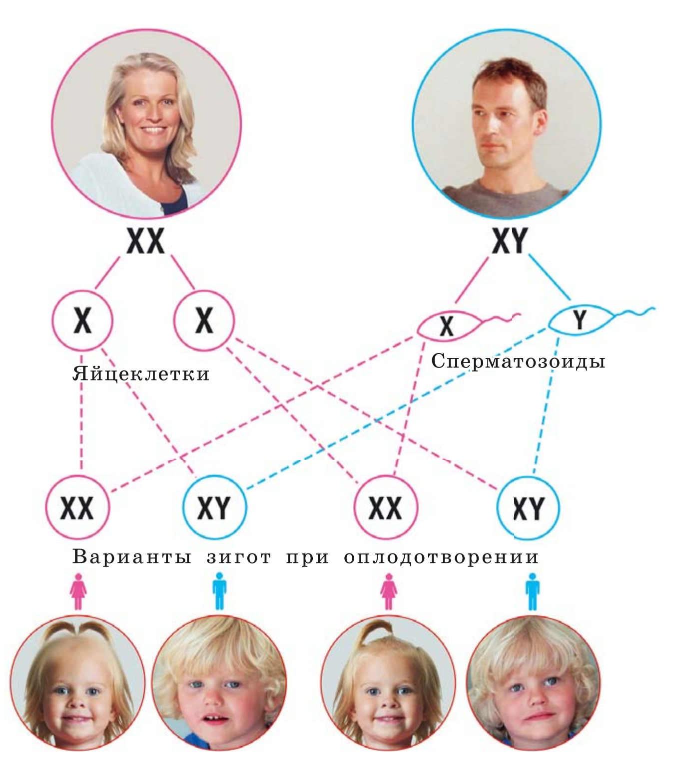



**Рис. 58.2.** Схема определения пола

пол детерминирован (определён) генетически специальными половыми хромосомами.

## Что такое пол и как его различают?

*Пол* — совокупность генетических, анатомических, физиологических и психических признаков, отличающих мужской и женский организмы и обеспечивающих их половое размножение.

Различают пол хромосомный, анатомический, гормональный, социальный и гражданский. *Хромосо́мный*, или *и́стинный, пол* предопределяют комбинации X- и Y-хромосом в зиготе.

*Анатоми́ческий пол* — первичный, определяется по виду наружных половых органов (первичным половым признакам).

*Гормона́льный пол* — вторичный, зависит от секретируемых половых гормонов. Его определяют по вторичным половым признакам: развитию скелета и мускулатуры, оволосению лица и тела, строению гортани, наличию молочных желёз, типу подкожных жировых отложений, половому поведению.

Гормональная секреция влияет и на *социа́льный пол*, который признаётся обществом. Он определяется третичными половыми

признаками: особенностями психики и мышления, склонностями и интересами, чертами характера и поведения. Эти признаки складываются под влиянием воспитания, образования, профессии и т. д.

*Гражда́нский пол* — тот, что записан в паспорте.

## Передаются ли заболевания по наследству?

Состояния организма, обусловленные изменениями генетического материала — *мута́циями* (от лат. *мутацио* — изменение), составляют группу *насле́дственных заболева́ний*. Многие из них проявляются как *врождённые*. Однако термины «наследственные», *«семе́йные»* и «врождённые» заболевания не всегда синонимы.

Тем не менее в случае гемофилии — наследственного заболевания, которым болеют мужчины, а женщины — лишь носители мутантного гена и передают заболевание сыновьям с Х-хромосомой, эти термины синонимичны и, по сути, тождественны.

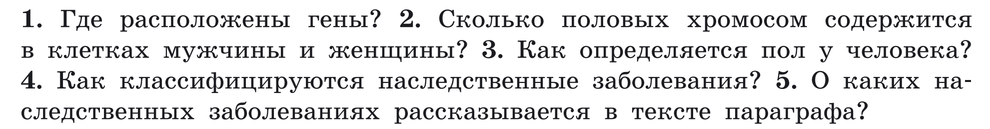
Известно свыше 6 тыс. наследственных заболеваний, они многочисленны и разнообразны по проявлениям. Для многих наследственных заболеваний первичный дефект неизвестен, их классифицируют по клиническому принципу: наследственные болезни нервной, эндокринной, сердечно-сосудистой, пищеварительной систем, болезни кожи, глаз, скелета, системы крови. Эта классификация условна, так как при наследственных заболеваниях в патологический процесс вовлекаются органы разных систем.

Большинство наследственных заболеваний проявляется уже в детском возрасте или даже при рождении. Встречаемость большинства наследственных заболеваний мала, но в сумме они весьма заметны. Так, если при анализе родословных выявляется, что один из родителей болен, то вероятность развития заболеваний у детей составляет 50%. Оба пола поражаются заболеваниями одинаково часто, однако чаще наблюдается «вертикальная» передача наследственной болезни, связанная с Х-хромосомами, т. е. по женской линии.

Наследственные заболевания, сопровождающиеся пороками развития, можно диагностировать до рождения методом УЗИ плода. В их диагностике применяют молекулярно-генетические методы. Особым видом помощи при наследственной патологии является всестороннее обследование новорождённых с помощью биохимических тестов для выявления родившихся с наследственными болезнями обмена.

До излечения наследственных заболеваний ещё далеко, поэтому основным способом является их профилактика, которая осуществляется в медико-генетических консультациях.




Наследственность. Пол: хромосомный (истинный), анатомический, гормональный; социальный, гражданский. Мутации. Наследственные заболевания. Врождённые заболевания. Семейные заболевания.

## Вопросы и задания

**1.** Где расположены гены? **2.** Сколько половых хромосом содержится в клетках мужчины и женщины? **3.** Как определяется пол у человека? **4.** Как классифицируются наследственные заболевания? **5.** О каких наследственных заболеваниях рассказывается в тексте параграфа?



**Практическая работа** «Исследование кариотипа человека (на микрофотографиях)».

# § 59. Развитие человека до и после рождения



В словаре В. И. Даля есть слова: «Беремя, бремя, тяжесть, тягость; беремя детей; беременная, непраздная, с ношею, чреватая. Беременеть, забеременеть, зачать, понести». В физиологическом значении «забеременеть» значит зачать и выносить ребёнка, нести детское бремя. Беременность начинается с зачатия.

## Что такое зачатие, или оплодотворение?

Зачатие, или *оплодотворе́ние*, — процесс слияния ядер половых клеток, в результате которого образуется оплодотворённая яйцеклетка — зигота, из которой развивается зародыш.

Во время полового акта семенная жидкость изливается во влагалище женщины. Подвижные сперматозоиды передвигаются по полости матки и попадают в маточную трубу, где происходит слияние с ядром яйцеклетки. В яйцеклетку обычно проникает один сперматозоид (рис. 59.1).




**Рис. 59.1.** Оплодотворение

## Что такое беременность?

Состояние женщины от оплодотворения до рождения ребёнка называют *бере́менностью*, которая продолжается около 280 суток. Первыми её признаки являются прекращение менструаций, набухание молочных желёз, иногда болезненные состояния — токсикозы. За время беременности в материнском организме усиливаются процессы синтеза, нейтрализуются и выводятся продукты жизнедеятельности плода.

## Как развивается зародыш?

Оплодотворённая яйцеклетка делится митозом. За время продвижения по маточной трубе зародыш приобретает форму пузырька, он состоит из 32–64 клеток и внедряется в слизистую оболочку матки. С 3–6-й недели беременности начинает формироваться *плаце́нта* (от лат. *плацента* — лепёшка), и с 12-й недели у плода начинается плацентарное питание, дыхание и выведение выделений плода. Однако кровь матери и плода не смешивается. Она выполняет гормональную и защитную функции. До самого рождения мать и плод остаются связанными *пупови́ной*.

На момент родов пуповина представляет шнур длиной около 50 см, в котором проходят две пупочные артерии и пупочная вена. При родах плацента и пуповина отторгаются из матки.

В начале развития клетки зародыша располагаются в три слоя, образуя *заро́дышевые листки́*. Из наружного листка развиваются покровы тела, нервная система и органы чувств; из среднего — скелет, мышцы, соединительная ткань, органы кровообращения и размножения. Внутренний зародышевый листок даёт начало эпителию лёгких, пищеварительного канала и железам — поджелудочной, печени. К 4-й неделе длина зародыша составляет около 3 мм, и он имеет закладки всех внутренних органов, сердце и зачатки конечностей.

## Какие изменения происходят в плодный период?

Плодный период начинается после 8 недель беременности. Несмотря на незначительную величину (20 мм), у плода хорошо видны грудь, живот, голова, уши, нос. В дальнейшем происходит активный рост, развиваются системы органов, специализируются ткани. Семимесячный плод (рис. 59.2) может существовать вне материнского организма.

Масса доношенного ребёнка, родившегося с 38-й до 40-й недели беременности, составляет в среднем 2,8–3,5 кг, а длина тела — около 50 см.

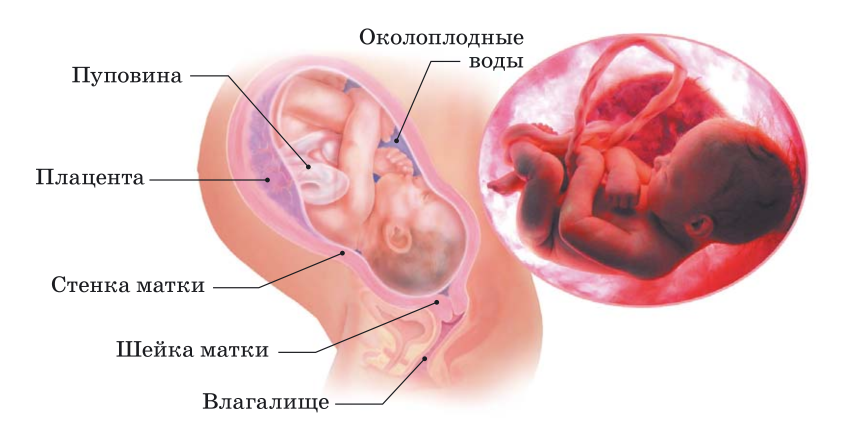



**Рис. 59.2.** Внутриутробное развитие ребёнка

## Как проходят роды?

Началу *ро́дов* предшествуют непроизвольные сокращения стенки матки — родовые схватки. Затем к ним присоединяются периодические напряжения мышц брюшного пресса и диафрагмы — *по́туги*, которые происходят непроизвольно, но роженица способна управлять ими. Вслед за рождением ребёнка «рождается» плацента. После родов пуповину перерезают и накладывают скобку. Через неделю пуповинный остаток отпадает, формируя рубец — пупочное кольцо, «пупок».

В молочных железах женщины начинает вырабатываться молозиво, а через 1–2 дня — молоко, которое содержит всё необходимое для роста, развития и защиты ребёнка.

Матка постепенно возвращается к тем размерам, которые были до беременности.

Вскоре после родов созревание яйцеклеток в яичнике (овуляция) возобновляется, и женщина снова становится способной к зачатию.

## Что характерно для послеродового развития?

Различные функциональные системы развиваются и созревают не одновременно. Раньше созревают пищеварительная и выделительная системы, они достигают зрелости к концу первого десятилетия жизни; мышечная, половая, сердечно-сосудистая — после 16 лет, а нервная и костная — к 30 годам.

Период зрелости продолжается у женщин с 21 года до 55 лет, у мужчин с 22 до 60 лет.

Неравномерность развития подразумевает выделение возрастов, на протяжении которых деятельность отдельных систем, биохимические показатели, уровень функций сохраняются постоянными.

Периоды между отдельными возрастами называют переходными, или критическими. Они характеризуются резкими перестройками, изменениями активности отдельных систем организма, неустойчивой работой регуляторных механизмов, уменьшением приспособительных возможностей. Организм переходит из одного «физиологического измерения» в другое.



Различают *календáрный*, или паспортный, и *биологúческий вóзраст*. Последний определяют по уровню физического развития, психики и мышления. У ровесников биологические показатели могут не совпадать.

В экономически развитых странах наблюдалось ускорение темпов физического и полового развития. Это явление получило название *акселерáции* (от лат. *акселератио* — ускорение). Причины акселерации сложны, многообразны и до конца не изучены. Многие учёные считают, что акселерация связана с улучшением питания людей, появлением в пище полноценных белков, круглогодичным потреблением свежих овощей и фруктов. Вместе с тем установлено, что более раннее физическое развитие современных детей не влечёт за собой ускорения их психического и социального созревания.



Оплодотворение. Беременность. Плацента. Пуповина. Зародышевые листки. Роды. Календарный возраст. Биологический возраст. Акселерация.

## Вопросы и задания

**1.** В чём сущность процесса оплодотворения? **2.** Что такое беременность? **3.** Как происходит развитие зародыша и плода? **4.** Как происходит развитие ребёнка после рождения? **5.** Используя дополнительную литературу и Интернет, выясните, какие периоды выделяют в индивидуальном развитии (онтогенезе) человека. Какие признаки для них характерны?



## Знаете ли вы, что...

В среднем из 1 млн сперматозоидов только один оплодотворяет яйцеклетку.

Сперматозоиды развиваются в семенниках 72–75 суток, живут около 1 месяца.

Путь сперматозоида по семявыводящим путям продолжается 10–15 суток.

На воздухе сперматозоид живёт сутки, а в организме женщины — до 5 суток.

Скорость движения сперматозоидов в половых путях женщины 2–3 мм/мин.

В яичниках новорождённой девочки содержится 500 тыс.–1 млн незрелых половых клеток. У женщины за всю жизнь происходит всего 350–500 овуляций.

*Экстракорпора́льное оплодотворе́ние* (от лат. *экстра* — снаружи, вне, *корпус* — тело) — вспомогательная репродуктивная технология, чаще всего используемая в случае бесплодия. Синонимы: «оплодотворение в пробирке», «оплодотворение *in vitro*», «искусственное оплодотворение».



**Рис. 59.3.** Искусственное оплодотворение яйцеклетки в условиях in vitro («в пробирке»)

Во время ЭКО яйцеклетку извлекают из организма женщины и оплодотворяют искусственно в условиях *in vitro* («в пробирке»). Полученный эмбрион содержат в условиях инкубатора, где он развивается в течение 2–5 дней, после чего эмбрион переносят в полость матки для дальнейшего развития.



## Из истории науки

В 1672 г. Р. Грааф обнаружил у млекопитающих женские половые железы — яичники.

В 1677 г. А. Левенгук впервые наблюдал и зарисовал сперматозоиды.

В 1827 г. К. М. Бэр первым обнаружил и описал яйцеклетку млекопитающих в экспериментальном исследовании. Заложил основы современной эмбриологии.

В 1983 г. впервые в организм женщины введена яйцеклетка другой женщины (донорская яйцеклетка), оплодотворённая её супругом. Родился здоровый ребёнок.



## От учёных

На фотографии изображено ультразвуковое исследование (УЗИ) — осмотр плода с помощью ультразвуковых волн.



## Выводы по главе «Размножение и развитие»

Воспроизведение себе подобных — одна из функций организма. При половом размножении новый организм наследует признаки обоих родителей — матери и отца.

Мужская и женская половые системы состоят из наружных и внутренних половых органов, в том числе желёз.

Развитие нового организма начинается с оплодотворения яйцеклетки сперматозоидом. От матери и отца ребёнок получает по 23 хромосомы, всего их становится 46. Пол ребёнка определяется сочетанием половых хромосом. В женском организме XX-хромосомы, в мужском — XY-хромосомы.

В матку попадает многоклеточный зародыш, имеющий внешнюю оболочку с ворсинками, внедряющийся в слизистую оболочку стенки матки. С развитием плаценты зародыш превращается в плод. После созревания плода происходят роды и рождается ребёнок. Развитие после рождения происходит как в физиологическом, так и в социальном плане.



### Темы докладов, рефератов, презентаций, проектов

1. Может ли наука сделать человека бессмертным?
2. Клонирование человека — зло или благо?
3. Наследственные болезни человека, их диагностика и лечение.

# Глава 14
# ЧЕЛОВЕК И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

## § 60. Окружающая среда

Для человека окружающей средой является не только природа, но и общество и специально созданная техносфера.



### Что такое экологические факторы и какие факторы существуют?

Условия среды, воздействующие на организмы, называют *экологи́ческими фа́кторами*.

Среда обитания человека чрезвычайно разнообразна: низменности и возвышенности, пустыни и влажные тропические леса, деревни и города. Воздух, температуру, влажность, т. е. факторы неживой природы, относят к *абиоти́ческим*.

В организме человека находятся полезные микроорганизмы, способствующие перевариванию пищи, а иногда болезнетворные, вызывающие инфекционные заболевания. Все организмы, оказывающие влияние друг на друга, — это факторы живой природы, или *биоти́ческие фа́кторы*.

Группы организмов оказывают воздействие на природную среду. В последнее столетие природа испытывает серьёзные воздействия деятельности людей. Так проявляются *антропоге́нные* (от лат. *антропос* — человек, *генос* — рождение) *фа́кторы*.

### Почему антропогенные факторы так разнообразны?

Всё многообразие антропогенных факторов условно делят на физические, химические, биологические и социальные.

*Физи́ческие фа́кторы*, ставшие основой возникновения жизни на Земле, оказывают, как правило, комплексное воздействие на организмы. Они достаточно разнообразны. Комплекс этих факторов в определённых пределах необходим для поддержания нормальной жизнедеятельности.

Однако, если поместить животное или человека в экранированную камеру и ограничить доступ внешней энергии, произойдут серьёзные нарушения на всех уровнях организации организма.

Использование энергии гидроэлектростанций, перемещение людей в транспорте, влияние электромагнитных волн, шума и вибрации относят к физическим факторам.

Применение неорганических удобрений и ядохимикатов, загрязнение воздуха, воды, почвы отходами промышленности и транспорта — это *хими́ческие фа́кторы*.

*Биологи́ческие фа́кторы* — это не только болезнетворные микроорганизмы и вирусы, но и продукты производства биотехнологической промышленности: антибиотики, витамины, ферменты, кормовые дрожжи, биологические средства защиты растений.

*Социа́льные* (от лат. *социалис* — общественный) *фа́кторы* связаны с отношениями людей в обществе. В последнее время влияние социальных факторов на окружающую среду значительно возросло, поэтому их выделяют в отдельную группу.

## Что такое микроклимат?

Люди основное время проводят в замкнутых пространствах — помещениях. Климатические характеристики в изолированном пространстве помещений различного назначения называют *микрокли́матом*.

Факторы воздушной среды в помещениях определяют его характерные особенности и способность влиять на здоровье.

К основным характеристикам микроклимата относят влажность воздуха внутри помещения, температурный режим, подвижность воздуха (скорость). Имеет значение и температура стен, потолка и пола (тепловое излучение).

Сочетание факторов, влияющих на микроклимат, позволяет охарактеризовать его как оптимальный, допустимый, неблагоприятный.

Имеет значение равномерность этих характеристик.

Например, изменение температуры по вертикали более чем на 2 °С от оптимальных величин вызовет у человека температурный дискомфорт.

Факторами микроклимата, негативно воздействующими на здоровье, являются скорость движения воздуха выше пределов нормы — «сквозняк» и превышение допустимого уровня влажности. Снижение влажности и отсутствие вентиляции тоже неблагоприятно влияют на здоровье.

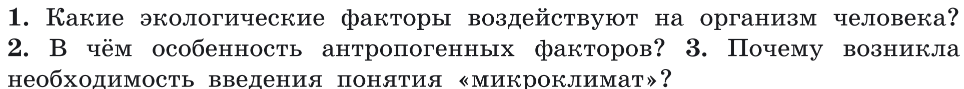
Для определения благоприятных и допустимых свойств микроклимата разработаны *гигиени́ческие показа́тели*. Они закреплены в нормативных документах, обязательных к исполнению на всей территории Российской Федерации.



Экологические факторы: абиотические, биотические, антропогенные. Антропогенные факторы: физические, химические, биологические, социальные. Микроклимат. Гигиенические показатели.



### Вопросы и задания



**1.** Какие экологические факторы воздействуют на организм человека? **2.** В чём особенность антропогенных факторов? **3.** Почему возникла необходимость введения понятия «микроклимат»?

## § 61. Здоровье человека как социальная ценность



Во все времена люди стремились к укреплению здоровья, развитию силы, выносливости тела и ловкости, обретению смекалки и мудрости.

### Что такое здоровье и от чего оно зависит?

*Здоро́вье* характеризуется не только наличием или отсутствием заболеваний, но также гармоничным и соответствующим возрасту развитием, уровнем функционирования организма.

Устав *Всеми́рной организа́ции здравоохране́ния* (*ВОЗ*) определяет здоровье как состояние полного физического, душевного и социального благополучия, а не только отсутствие заболеваний и физических дефектов.

Существование людей с абсолютным, или идеальным, здоровьем, как оно представляется теоретически, считается невозможным. Однако практически важно, что в качестве ориентира может быть выделена небольшая группа людей, отличающихся абсолютным индивидуальным здоровьем. Трудности оценки здоровья определили необходимость использования понятий «здоровый человек» и «практически здоровый».

*Практи́чески здоро́выми* считаются люди разного возраста, не страдающие хроническими заболеваниями, перенёсшие острые заболевания или травмы без существенных дефектов здоровья.

К группе практически здоровых относят и людей, имеющих незначительные врождённые пороки, не отражающиеся на функциях и возможностях организма.

Состояние здоровья детей и подростков оценивают по наличию или отсутствию в момент обследования хронических забо-

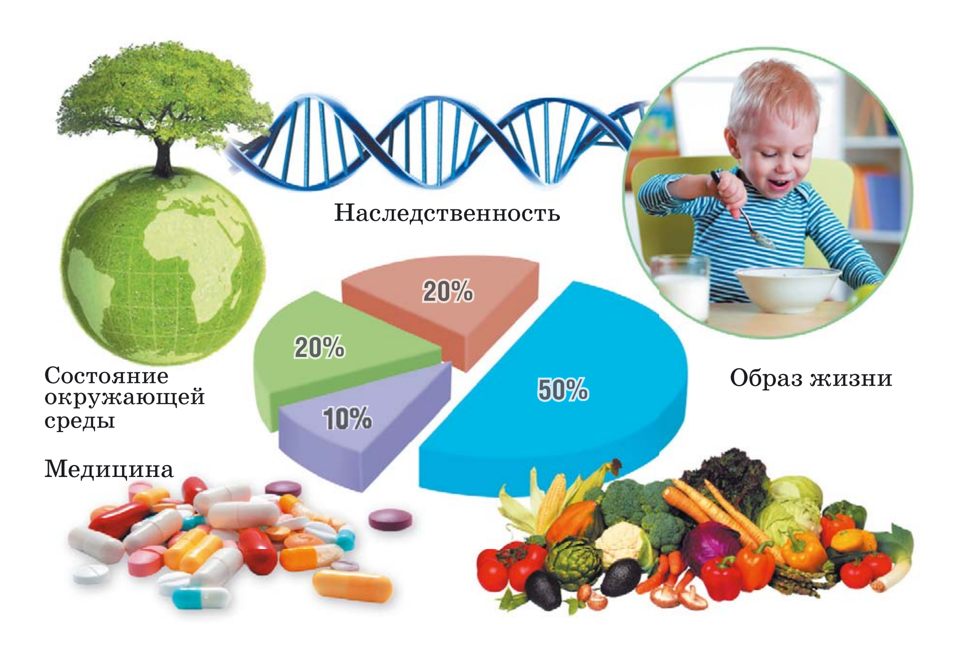



**Рис. 61.1.** Влияние условий на здоровье человека

леваний; уровню функционального состояния основных систем; степени сопротивляемости к неблагоприятным воздействиям; уровню физического, умственного, или *мента́льного* (от лат. *менталис* — умственный), и психического развития, их гармоничности. По этим критериям выделяют группы здоровья.



Подумайте, как человек может повлиять на своё здоровье (рис. 61.1).

## Что такое болезнь?

По определению врача и собирателя русского языка В. И. Даля, «здоровье, или здравие, — состояние животного тела (или растения), когда все жизненные отправления идут в полном порядке; отсутствие недуга, болезни».

Таким образом, *боле́знь* (*заболева́ние*) — это состояние организма, характеризующееся повреждением, развёртыванием защитных реакций, направленных на ликвидацию повреждений.

Она сопровождается ограничением приспособляемости организма, снижением или потерей трудоспособности.

Заболевания классифицируют по названию поражённой системы, например заболевания сердца, или вызвавшего её фактора, например ОРВИ (острые респираторные вирусные инфекции).

## Почему возникают заболевания и как они протекают?

Причинами заболевания могут быть различные внешние факторы, в том числе биологические — живые возбудители, неправильное питание — голодание, авитаминозы, психические воздействия и наследственные, врождённые особенности. Внешние факторы всегда действуют непосредственно.

В *этиоло́гии* (от греч. *этиа* — причина) — разделе медицины, изучающем причины заболеваний, исключительное значение имеют социальные условия, влияющие на сопротивляемость организма.

Механизм заражения (причина) и развития заболеваний называется *патогене́зом* (от греч. *патос* — боль, *генезис* — развитие).

Болезненным процессам свойственны определённые отличительные признаки — *симпто́мы*. Реакции, возникающие в ответ на действие болезнетворного фактора, развиваются различно в зависимости от свойств организма. Этим объясняется многообразие проявлений и течения одной и той же болезни у разных лиц.

В течение болезни различают четыре *пери́ода боле́зни*: скрытый, предвестников, выраженной болезни, выздоровления.

Скрытый период (при инфекционных болезнях — инкубационный) — время от начала действия болезнетворного агента до появления первых симптомов.

Период предвестников — время, когда обнаруживаются первые симптомы общего характера: недомогание, головная боль.

Период выраженной болезни характеризуется типичными и выраженными симптомами.

В период выздоровления происходит восстановление нарушенных функций организма.

Одни заболевания имеют определённый срок течения, другие — нет. Часто возникают осложнения — дополнительные нарушения, вызванные перенесённым заболеванием.



Здоровье. Всемирная организация здравоохранения. Практически здоровый человек. Болезнь (заболевание). Этиология. Патогенез. Симптомы. Периоды болезни.

## Вопросы и задания



**1.** В чём различие между понятиями «здоровый человек» и «практически здоровый человек»? **2.** От чего зависит здоровье человека? **3.** Как связаны здоровье и образ жизни человека? **4.** В чём особенность скрытого периода протекания болезни? **5.** Используя Интернет, выясните, какие заболевания человека, согласно статистике, являются самыми распространёнными в мире.

# § 62. Антропогенные воздействия на природу



«Люди повинуются законам природы, даже когда действуют против них», — писал И. В. Гёте.

## Что такое урбанизация?

*Урбаниза́ция* (от лат. *урбанус* — городской) — повышение роли городов — даёт экономические, бытовые, культурные преимущества, влияет на интеллектуальное развитие, позволяет реализовать способности. Однако человек отдаляется от природы, оказывается в экологически вредной и напряжённой среде, в зависимости от транспорта, вынужденного общения.

*Цивилиза́ция* — это культура городов. Предпосылками её были индустрия и разделение труда, развитие культурных и политических функций городов. Особые городские отношения затронули социальную и демографическую структуру общества, образ жизни населения, размещение производств. На современном этапе цивилизации города стали развиваться без учёта биологических потребностей и психических особенностей человека, и ему приходится адаптироваться уже не к природным условиям, а к созданным им — антропогенным. Одни факторы новой экологической среды, такие как загрязнения, шум, электромагнитные излучения, представляют издержки индустриализации. Другие: сосредоточение предприятий на ограниченной территории, высокая плотность населения, миграции и связанные с ними проблемы — являются следствием урбанизации. В мегаполисах среда стала крайне неблагоприятной, построенные людьми города стали их «врагами».

В развивающихся странах урбанизация характеризуется не только темпами, но и неоднородностью: стремительный рост мегаполисов происходит при умеренном росте средних и малых городов. В таких условиях возникают *«боле́зни цивилиза́ции»*. Основная причина их — несоответствие темпов социальных изменений и биологических процессов. Конкретно они выражаются в неврозе, отрицательных эмоциях, развитии заболеваний и психических нарушениях. Горожанин





вынужден удлинять время работы за счёт отдыха и при этом постоянно ощущать нехватку времени.

Повседневным его состоянием стал стресс. Стресс сопровождает *десинхроно́з* — нарушение генетически закреплённых ритмов функциональных систем. Другим негативным следствием урбанизации и ещё одной причиной «болезни цивилизации» является *гиподинами́я*. У малоподвижных, страдающих ожирением городских жителей часто встречаются ортопедические заболевания.

Парадоксом урбанизации является скученность: люди пренебрегают потребностью в дистанции и обособлении, что вызывает психический дискомфорт. Причём всё больше нарастает психическая изоляция, вызывающая дискомфорт другого рода — ощущение пустоты и одиночества среди множества людей.

Современные города строят, а старые перестраивают. Более половины площади занимает инфраструктура уличного движения и обслуживания, жизненное пространство принесено в жертву автомобилям, супермаркетам и офисам. Всё, что не отвечает *визуа́льной эколо́гии* и выходит за пределы мер, шумы и загрязнения, скученность и одиночество угнетают психику.

В урбанизированных странах отмечен рост психических заболеваний. Число их достигает наиболее высокого уровня в густонаселённых районах. Перенаселённость — один из решающих факторов роста алкоголизма и наркомании, преступности и самоубийств.

Являясь функцией многих переменных, здоровье населения отражает качества городской среды. Города стали центрами техногенного воздействия на природу.

Серьёзной проблемой большого города стала очистка питьевой воды. Из-за роста населения её потребление увеличивается, но главную угрозу представляет загрязнение водоёмов. Получение чистой питьевой воды стало сложной задачей из-за быстрого увеличения отходов, не поддающихся очистке.

Проблемой стала и защита от *шу́ма*. В результате длительного влияния даже малых шумов возникают доминантные очаги, тормозящие нервные центры. Развившееся охранительное торможение приводит к сдвигам уравновешенности и подвижности нервных процессов, что приводит к неврозам.

Шум изменяет состояние сосудодвигательного центра, при этом развивается гипоксия. При длительном воздействии шума функция надпочечников угнетается, снижается иммунитет.

Среди других отрицательно влияющих физических факторов всё бóльшую роль играют *электромагни́тные поля́*, влияющие на электромагнитные процессы в организме, прежде всего нервную регуляцию. Механизм их действия связан с лимбическими структурами мозга и гипоталамусом. При малой её интенсивности отмечена прибавка массы, что объясняется угнетением функции щитовидной железы и обмена веществ; сильные поля подавляют рост. Особенно чувствительны к излучению репродуктивные органы. В одних случаях поражаются половые железы, в других — нарушения функции связаны с влиянием электромагнитных полей на нервную и эндокринную системы.



Урбанизация. Цивилизация. Болезни цивилизации. Десинхроноз. Гиподинамия. Визуальная экология. Шум. Электромагнитные поля.

## Вопросы и задания

**1.** Какая существует связь между урбанизацией и цивилизацией? **2.** Что понимается под термином «болезни цивилизации»? **3.** С какими проблемами сталкивается житель современного крупного города?

**Практические работы** «Шумовое загрязнение микрорайона школы», «Экологическое картографирование микрорайона школы».

## Знаете ли вы, что...

В настоящее время информационные технологии уже являются причиной поступления 2% углекислого газа в атмосферу Земли, превысив выбросы углекислого газа всей авиационной отрасли. Ожидается, что на Интернет будет приходиться 20% всего объёма выбросов углекислого газа.

В среднем 9% всей пресной воды человечество изымает из окружающей среды. Эта цифра варьирует в различных уголках нашей планеты. В Северной Америке из водных объектов изымается 8,4% всей пресной воды, в Азии — 18,5%, Европе — 6,4%, Латинской Америке — 2%, Африке — 5,6% в год.

На производство одного-единственного гамбургера уходит 2400 л воды. Основными статьями её расхода являются выращивание пшеницы и поголовья скота.

### Из истории науки

В 1866 г. Э. Геккель ввёл в научный обиход понятие «экология».

В 1925 г. Р. Парк, Э. Бёрджесс и Р. Макензи заложили основы социальной экологии.

В 1962 г. Р. Карсон опубликовала книгу «Безмолвная весна», в которой впервые была поднята проблема загрязнения окружающей среды ядохимикатами, используемыми в сельском хозяйстве.

В 1967–1972 гг. Международная программа «Человек и биосфера» стимулировала многочисленные научные исследования в разных областях экологии.

## Выводы по главе «Человек и окружающая среда»

Условия среды называют экологическими факторами. Различают абиотические, биотические и антропогенные факторы.

Антропогенные факторы условно делят на физические, химические, биологические и социальные.

Важный фактор влияния на человеческий организм в помещениях — микроклимат.

Здоровье — полное физическое, душевное и социальное благополучие.

Заболевание — это состояние организма, характеризующееся повреждающим действием патогенных факторов, развёртыванием защитных реакций, ликвидацией повреждений.

«Болезни цивилизации» — несоответствие темпов социальных изменений и биологических процессов.

Города стали центрами антропогенного воздействия на природу: загрязнения воды и атмосферного воздуха, шумового и электромагнитного влияния и др.

### Темы докладов, рефератов, презентаций, проектов

1. Особенности жизни человека в экстремальных условиях.
2. Способы продления творческого долголетия.
3. Цивилизационные риски и пути их решения.
4. Погода и самочувствие человека.
5. Ландшафт и здоровье человека.
6. Стресс: причины и последствия для организма.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

*Уважаемые девятиклассники!*

Вы закончили изучать свой организм. Познакомились со строением клеток, тканей, органов и систем органов, обеспечивающих регуляцию, опору, движение, питание, дыхание, транспорт веществ, выделение, размножение и другие жизненные функции человека — высшего существа на нашей планете.

Сведения, полученные вами из анатомии, физиологии, психологии, гигиены и санитарии, помогут ориентироваться в связях человека с окружающей средой, понимать, как зависит существование вашего организма от работы органов и систем, объяснять механизмы саморегуляции жизненных функций. Результатом такого понимания должно стать стремление поддерживать нормальную жизнедеятельность своего организма при воздействии постоянно изменяющихся факторов среды обитания. Приспособление к таким воздействиям, обеспечиваемое перестройкой физиологических процессов, называют адаптацией. Именно адаптация позволила человеку заселить практически все пригодные для жизни местообитания, проникнуть в космос, стать биосоциальным видом, влияющим на существование других форм жизни на нашей планете, ответственным за сохранение живой природы.

Важный фактор жизни человека — здоровье. Однако здоровье ради здоровья не нужно. Оно ценно тем, что служит условием активной, полезной деятельности — здорового образа жизни, через которую человек достигает счастья. Для этого важно уметь оценивать состояние своего здоровья, разумно использовать имеющиеся физические и духовные силы, руководствоваться гигиеническими нормами и советами, позволяющими поддерживать здоровье; проявлять волю, чтобы отвергать негативные факторы, способные здоровью навредить. Науки о человеке объяснили вам, в чём состоит польза мускульных движений, каким должен быть режим труда и отдыха, в чём заключается рациональное питание, почему целителен свежий воздух, насколько важен нормальный сон, чем полезно закаливание, для чего необходима вера в свои способности. Здоровье — один из основных источников радости в жизни человека. Важно беречь его смолоду, причём не столько ради достижения сугубо эгоистических наслаждений, сколько для созидательного труда на благо всего общества.

*Авторы*

# ОГЛАВЛЕНИЕ